

INVESTIGACIONES

1 DEPÓSITOS CUATERNARIOS EN EL TERRITORIO EMERGIDO DE HONDURAS

2 ESTRUCTURAS DE SUELO CLAVADO UNA ALTERNATIVA PARA EL REFUERZO DEL TERRENO

3 APLICACIÓN DE MÉTODOS MORFOMÉTRICOS EN DESLIZAMIENTOS DE LADERAS

La Fundación para la Educación Integral y Técnica de Honduras (FEITH), solicitó al Consejo de Educación Superior de La Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), el 8 de agosto de 2005, la creación y funcionamiento de la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI), la cual fue aprobada el 15 de marzo de 2007, con el Acuerdo No. 1785-202- 2007 y ratificada con el Acuerdo No. 1796-202-2007.

La UPI, inició formalmente actividades el 8 de junio de 2007, con el Diplomado de Tratamiento de Aguas Residuales, junto a la Universidad de California State University (Chico), seguidamente con las carreras en el grado de Licenciatura y en el grado Asociado o Técnico Universitario, el 21 de Julio, 2007, con el primer Diplomado denominado Sistema de Información Geográfica, asimismo con diferentes Diplomados que se han formulado en base a estudios de mercado que ratifican la necesidad de fortalecer el desarrollo del país en las áreas de infraestructura y medio ambiente.

En el año 2010, la UPI tuvo la primera promoción de su historia al graduar a seis ingenieros civiles, y a su vez, se ha consolidado como la Universidad líder en el campo de la Ingeniería, habiendo formalizado diferentes alianzas académicas con Universidades de clase mundial como el Massachusetts Institute of Technology (MIT), California State University at Chico, California State University at Stanislaus, y la Universidad del Norte de Colombia.

VISIÓN

Ser la institución de educación superior más reconocida en el país, y con mayor liderazgo en el campo profesional y técnico de las ingenierías y campos afines; manteniendo en todo momento altos criterios de enseñanza teórico-prácticos, que contribuyan directamente al desarrollo tecnológico, social y humano de nuestro país, colaborando para ese objetivo como protagonistas directos en nuestras comunidades.

MISIÓN

Formar técnicos profesionales capaces, honestos y emprendedores en sus áreas de trabajo, comprometidos con el desarrollo técnico, económico, cultural y social de sus comunidades.

La UPI, pretende lograr su Misión a través de conocimientos actualizados para lograr: Impulsar programas y modelos que utilicen las tecnologías de la información y comunicación, creando un desarrollo continuo y constante en el campo técnico profesional de aplicación.

REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA “MILÍMETRO”

REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA DE INGENIERÍA MILÍMETRO

Volumen 2

Marzo, 2016

Revista técnico – Científica de Ingeniería, “Milímetro” es publicada por el Departamento de Investigación Científica (DIVES) de la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI).

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Rectora:

JANCE CAROLINA FUNES

Tel: (504) 2225-7454, 2225-7455, 2225-2888

Correo Electrónico: jcfunes@upi.edu.hn

Secretario General

LUIS EVELINE

Tel: (504) 2225-7454, 2225-7455, 2225-2888

Correo Electrónico: leveline@upi.edu.hn

**Vice-Rectora
Académica**

RINA ENAMORADO

Tel: (504) 2225-7454, 2225-7455, 2225-2888

Correo Electrónico: rwenamorado@upi.edu.hn

COMITE EDITORIAL

Miembros	Correo Electrónico
Ing. Luis Eveline	leveline@upi.edu.hn
Ing. Nancy Martínez	nancy.martinez@upi.edu.hn
Ing. Zelmar Handres	Zelmar.hnadres@upi.edu.hn
Ing. Patricia Eveline	patricia.eveline@upi.edu.hn
Ing. Nelkit Chávez	nichavez@upi.edu.hn
Estudiante: Ana Natarén	ana.nataren@upi.edu.hn

©2016

Departamento de Investigaciones UPI

Las opiniones expuestas en los artículos publicados en “MILIMETRO”, son responsabilidad de los autores. La mención de productos o casas comerciales en la revista, se incluye como información y no implica recomendaciones por parte de la UPI.

Revista

620

087.5 Milímetro / Universidad Politécnica de Ingeniería. – Vol. 2
(2016). – Tegucigalpa, Honduras: UPI, 2016 V.

il; 28 cm Semianual

ISSN 2410-9053

1. Infraestructura
2. Geología

Correspondencia o Canje

Biblioteca “Universidad Politécnica de Ingeniería,
UPI” Universidad Politécnica de Ingeniería, UPI
Apartado Postal No. 30617

Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán
Honduras, América Central

E-mail: investigaciones@upi.edu.hn

Telefonos: 2225-7455, 2225-7456

Página Web:

Investigaciones: <http://upi.edu.hn/investigaciones.html>

Buscar en Google: UPI investigaciones

Texto Completo: Solicítelo al e-mail:

investigaciones@upi.edu.hn

Carta a los lectores:

Estimado Lector:

Para la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI) de Honduras, resulta de sumo honor presentar el efecto de las investigaciones más relevantes llevadas a cabo por nuestro cuerpo de docentes y estudiantes, correspondientes al periodo 2015 -2016. Los procesos investigativos son sin duda alguna, el punto donde nuestra universidad se articula con una sociedad que demanda respuesta con soluciones reales a problemas sociales, ambientales y económicos.

Los resultados expuestos en esta revista aportan soluciones puntales en diferentes sitios a lo largo del territorio nacional en áreas como: Introducción al estudio de la características del subsuelo, la relación entre las formas de distribución de los suelos y como a partir de los análisis podemos mostrar los conceptos más modernos sobre el Período Cuaternario; además en esta revista se muestra la práctica actual del diseño y construcción de una estructura de Suelo Clavado tanto para taludes de corte en carretera como para muros de contención. Introduciendo la aplicación de Métodos Morfométricos en Deslizamientos de Laderas para predecir posibles deslizamientos y la susceptibilidad a procesos de remoción en masa o movimientos del terreno. Todo esto derivado de los resultados de la gestión del conocimiento técnico y práctico realizada desde esta institución de educación superior.

Nuestra Universidad expresa su interés y compromiso en seguir contribuyendo al desarrollo nacional, aportando talento humano - técnico altamente competitivo y poniendo a su disposición nuestro banco de solicitud de investigaciones (*para más información consultar: <http://www.upi.edu.hn/investigaciones.html>*), como apoyo a la solución de problemas con base al conocimiento técnico.

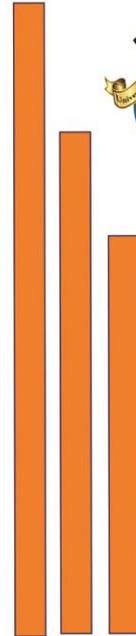
Finalmente, la publicación de la presente revista no sería posible sin la colaboración de aliados de nuestro cuerpo de docentes, ICA Inversiones S. de R.L, quienes han depositado en nosotros su confianza para el desarrollo de estas investigaciones, adicional agradecemos el esfuerzo y compromiso de nuestros estudiantes para el desarrollo de esta revista que esperamos sea utilizada como un instrumento de consulta a las diferentes instituciones gubernamentales, empresas, ong's, organismos internacionales, estudiantes investigadores y público en general.

Saludos

Lic. Jance Carolina Funes

Rectora

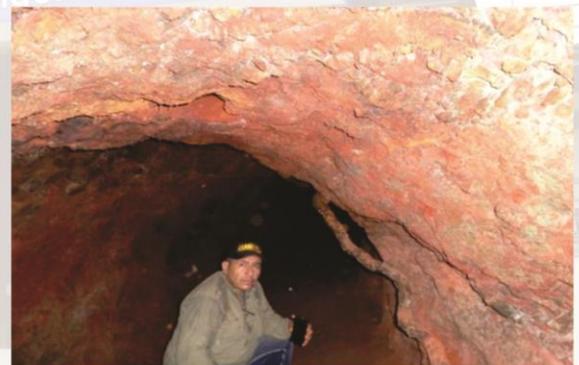
www.upi.edu.hn



1

CONTENIDO

DEPÓSITOS CUATERNARIOS EN EL TERRITORIO EMERGIDO DE HONDURAS



Depósitos cuaternarios en el territorio emergido de Honduras

M. Cabrera Castellanos¹

L. Orbera Hernández²

RESUMEN

Este trabajo constituye una introducción al conocimiento de los depósitos cuaternarios del territorio hondureño. Es resultado de los esfuerzos que realiza la Cátedra de Geología, de la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI) para desarrollar la enseñanza y la investigación de la Geología en el país. Fue realizado sobre la base de la compilación y análisis de la información existente, que se encuentra de forma dispersa en los resultados de las distintas investigaciones geológicas precedentes. Otra fuente fueron los datos obtenidos en itinerarios de campo realizados por los autores del mismo. Se muestran los conceptos más modernos sobre el Período Cuaternario, como la etapa más joven del desarrollo geológico del planeta y, en consecuencia del país, subrayando la importancia teórica y práctica de su conocimiento para distintas ramas del saber. Otros logros sobresalientes y de alcance nacional de esta investigación son los siguientes: a) inventario de los resultados de los estudios geológicos precedentes, que cuentan con alguna información sobre el Cuaternario; b) enfoque sobre la necesidad de profundizar en el conocimiento de esta parte de la Geología para diferentes ramas del conocimiento científico; c) identificación y caracterización de las principales categorías genéticas de depósitos cuaternarios, a saber: volcánicos, aluviales, eluviales, eluvio coluvio-proluviales, lacustres, aluvio-marinos, biogénicos e hidrotermales, extendidos probablemente en cerca del 50 % del territorio nacional y d) se destaca la utilidad del conocimiento de los depósitos cuaternarios como portadores de recursos naturales, tales como: agua subterránea, placeres de oro y fango minero-medicinales, entre otros.

Palabras clave: Cuaternario, Pleistoceno, Holoceno, depósitos cuaternarios, aluvial, eluvial.

¹ Tegucigalpa, Honduras. Facultad de Geología Teléfono: (504) 2225 74 55. Correo electrónico: miguel.cabrera@upi.edu.hn.

² Tegucigalpa, Honduras. Facultad de Geología Teléfono: (504) 2225 74 55. Correo electrónico: laureano.orbera@upi.edu.hn

Proyectos de investigación 2015-2016 ©2016 Universidad Politécnica de Ingeniería | Residencial La Granja, Bloque F, calle de acceso al Club Social del BCIE, Comayagüela, M.D.C. Tel.: (504) 2225-7455, 2225-7456 |

email: info@upi.edu.hn | investigaciones@upi.edu.hn |

ABSTRACT

This work constitute an introduction to knowledge of the quaternary deposits of the Honduran territory. Is the outcome of the efforts carried out by the Geological Cathedra Politecnica University of Engineering (UPI) to develop the teaching of the geologicals science and researching in this country. Has been carried out over the compilations basis and analysis of the existing information that is scatted in different ancients geologicals researches. Others prime sources has been the data obtained by field itinerary carried out by the authors of this work. Are showed the most modern concept about the Quaternary Period like the younger face of the geological develop of the planet and therefore of the country, underlining the theoretical and practical importance of knowledge for different branches. Others importing success and of national scope of this research has been the following: a) schedule of the outcome of the ancient geological studies that has some information about Quaternary; b) assessment of the needfulness to deepen in the knowledge in this geological branch according with different speciality of the scientific knowledge; c) identify and characterization of the main categories of the genetics deposits as: volcanic, alluvial, alluvial, colluvial-prolluvial, lagoon, alluvial-marine; biogenetic and hydrothermal spreaded probably near 50% of the national territory and d) to detach the usefulness of the knowledge of the quaternary deposits like porter of naturals resources as: underground water, gold placers, medicals mud and others.

Key Words: Quaternary, Holocene, quaternaries deposits, alluvial, elluvial.

Introducción

El Cuaternario se puede definir como la parte superior de la Escala Geocronológica o Escala de Tiempo Geológico, establecida por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (*International Union of Geological Sciences* o IUGS) (Fig.1). Este documento es el marco de referencia para representar los eventos de la historia de la Tierra ordenados cronológicamente, con los respectivos depósitos que los caracterizan. El Cuaternario ocupa una corta extensión temporal dentro de la historia de la Tierra,

aproximadamente un 0,038%, sin embargo, esta corta duración y su proximidad temporal, han hecho que su estudio haya adquirido un destacado interés.

El término Cuaternario fue introducido en la literatura geológica por Desnoyers en 1829 (*vide* Jordá Pardo, 1995) para referirse a los materiales situados por encima de los depósitos miocénicos y pliocénicos de la cuenca del Sena. Desde entonces los debates para lograr una definición oficial adecuada han sido numerosos y duraron hasta el 2009, cuando fue oficialmente reconocido como el Período/Sistema Geológico más reciente, extendiéndose hasta 2,588 Ma, debido a que el Piso/Edad denominado Gelasiense, el más joven del Plioceno ha pasado a ser el más antiguo del Cuaternario (Bardají y Zazo, 2009). En Geología, para que un período geológico “exista” debe ser aceptado por la ICS (*International Commission on Stratigraphy*) y también ratificado por la IUGS (*International Union Geological Science*). Además, la definición geocronológica *sensu stricto* debe estar acompañada por una sección tipo que lo represente, o que represente la base del período considerado, es decir, lo que se denomina GSSP (*Global Stratotype Section and Point*).

El Período Cuaternario (Fig. 1) se subdivide en dos Series/Épocas: Pleistoceno Inferior, Medio y Superior y, Holoceno. En cuanto al Pleistoceno Inferior, se subdivide a su vez en Gelasiense y Calabriense, ambos con un GSSP aceptado y ratificado, que definen su límite inferior. El Pleistoceno Medio (tentativamente denominado Ioniense) y el Pleistoceno Superior todavía están sin definir, aunque este último se encuentra en vías de ser ratificado por la IUGS. Finalmente, el Holoceno constituye la Época más joven del Cuaternario y también ha sido recientemente ratificado (Walker et al., 2009). Comenzó hace 11,784 años AP (antes del presente o anterior al año 1950) y viene marcado por los primeros indicios de calentamiento al final de la glaciación del Pleistoceno Superior (glaciación del Wisconsin en América o Würm en Europa, cuando el nivel del océano mundial descendió unos 130 m con relación al actual).

Erróneamente para muchos geólogos, el Cuaternario no es más que un recubrimiento superficial que impide la observación directa del sustrato rocoso. Sin embargo, tal y como han señalado numerosos autores (Chaline, 1982; Aguirre, 1983; Catt, 1988 *vide* Jordá

Pardo, 1995; Cabrera y Peñalver, 2001; entre otros), el estudio geológico del Cuaternario es ciencia constituida, con entidad propia dentro del conjunto de las geociencias.

La Geología del Cuaternario se caracteriza por su multiplicidad de facetas y su interdisciplinaridad, incluyendo dentro de su campo de actuación aspectos muy variados, que se pueden estudiar desde ópticas muy diferentes, como pueden ser la Geomorfología y la Edafología, la Estratigrafía y la Sedimentología, la Neotectónica y la Geología Ambiental, la Geografía Física, la Oceanología y la Sismología, la Paleontología, la Biología, la Antropología y la Arqueología, la Física y la Química, la Ingeniería Civil, la Ingeniería Ambiental, la Minería, la Meteorología, la Medicina y la Agricultura.

El estudio del Cuaternario, su evolución climática, sus divisiones y las causas que las originaron, se convierten en una herramienta multipropósito indispensable para la comprensión de la historia y el pronóstico a futuro de la evolución del planeta. Por ello merece que se aborde desde la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, ya que la evolución en el pasado nos da las claves no solo del presente sino también del futuro. Temas tan recurrentes como es el Cambio Climático, sus causas y consecuencias, pueden ser comprendidas cabalmente solo mediante el estudio de la evolución geológica más joven del planeta para poder discernir entre los cambios naturales y los cambios que pueden haber sido inducidos por el hombre.

Este trabajo tiene como principal objetivo dar a conocer a la comunidad científica, en particular a la del país, relacionada de alguna forma con la temática, hasta donde se conoce sobre el Período Cuaternario del territorio hondureño. También cuanto falta por investigar sobre el mismo; así como qué significa contar con su completa identificación.

I. Metodología de la investigación

Se compilaron y analizaron todos los resultados disponibles sobre geología del Cuaternario, contenidos en las investigaciones precedentes llevadas a cabo en el territorio nacional. También se consultaron resultados de estudios realizadas fuera del país, relacionados con el objetivo aquí propuesto. Para este trabajo también se contó con datos inéditos de sus autores, obtenidos mediante observaciones de campo durante recorridos por diversas regiones.

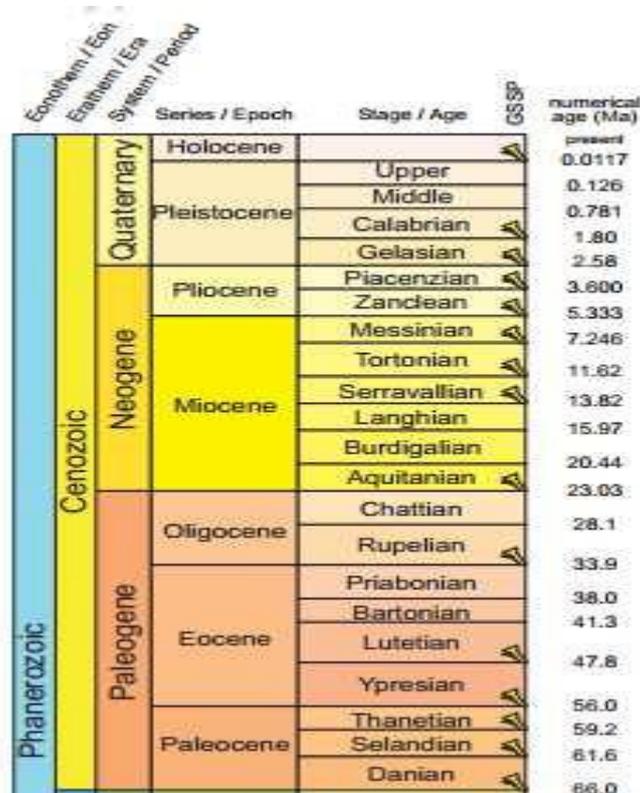
La información existente no permite ir más allá de una primera aproximación a la sistematización de los tipos genéticos de depósitos correspondientes al período Cuaternario y abundar en su distribución, con lo que se evidencia el nivel de conocimiento existente al respecto y, en consecuencia lo que aún falta por investigar.

II. Resultados de la investigación

Marco referencial de la investigación

Fig. 1.

Posición del Período Cuaternario y su nueva división en la Escala Geocronológica Internacional (2014).



Existen investigaciones geológicas en el país, las cuales reflejan la existencia de depósitos cuaternarios en su territorio emergido. En el Mapa Geológico de la República de Honduras a escala 1: 500 000 (1991) aparecen cartografiados depósitos de tipo aluvial y volcánicos (Figs. 2A, 2B), no abarcando todos los tipos existentes, probablemente como una consecuencia de la escala de trabajo utilizada o quizás por el interés de reflejar de manera prioritaria los depósitos precuaternarios.

Los depósitos cuaternarios también aparecen cartografiados en 28 polígonos del país a escala 1: 50 000 de los mapas geológicos en cuestión (Fig. 3). De ellos se reproducen en este trabajo fragmentos de varias columnas estratigráficas Fig. 4). Los mapas son de la autoría de numerosos geólogos, de diversas procedencias y, por lo visto, con concepciones diferentes sobre la génesis de los depósitos cuaternarios sedimentarios. Como se puede verificar en las columnas, se usan los mismos términos para distintos depósitos y viceversa, o sea, la nomenclatura empleada es una versión libre de cada uno de los autores. No se dan los espesores y tampoco queda clara la relación estratigráfica entre los depósitos, particularmente, con los infrayacentes más antiguos, no especificando cuando son indiferenciados de los depósitos terciarios.

En la columna de San Juan de Flores, por ejemplo, los depósitos cuaternarios aparecen representados por debajo del Terciario! Por otra parte, a la luz de la nueva división del Período Cuaternario, que desde el año 2009 se extiende hasta 2, 5 Ma, en lugar de 1, 8 Ma como estaba establecido cuando fueron realizadas las investigaciones cartográficas a escala 1: 50 000, es probable que algunos depósitos entonces asignados al Terciario correspondan ahora a la parte más antigua del Cuaternario (piso Gelasiense).

Existen otras investigaciones en las que igualmente se mencionan los depósitos volcánicos y aluviales del Cuaternario, ofreciéndose algunos datos de interés en cuanto a su composición, distribución geográfica, espesor y relación estratigráfica con los depósitos del Terciario, por ejemplo: a) Temporalidad de parámetros de calidad en el Lago de Yojoa, Honduras (Otero Borregán, 2011), donde fue modificada la Columna Estratigráfica de Honduras, de Rogers (1992) y SERNA-GEOMINHBGM (1987-1992) (Fig. 5); b) Mapa Hidrogeológico de la República de Honduras, a escala 1: 500 000 (1996); c) Mapa Geotectónico de la República de Honduras, a escala 1: 1000 000; c) Descripción Biogeofísica de los Humedales Marino- Costeros Trujillo-Bajo Aguán (Burgos, 2011) y d) Notas Generales sobre los Estudios Sismotectónicos de Honduras (Gonzalo Cruz, 2009).

Los antecedentes existentes sobre las investigaciones geológicas realizadas en Honduras, en las que se reflejan los depósitos cuaternarios, evidencian la no existencia de estudios

temáticos sobre estos, que permitan distinguir las distintas divisiones estratigráficas, su verdadera dimensión territorial y su diversidad genética.

Fig. 2A.

Mapa Geológico de la República de Honduras (confeccionado a partir del mapa homónimo, escala 1: 500 000, 1991).

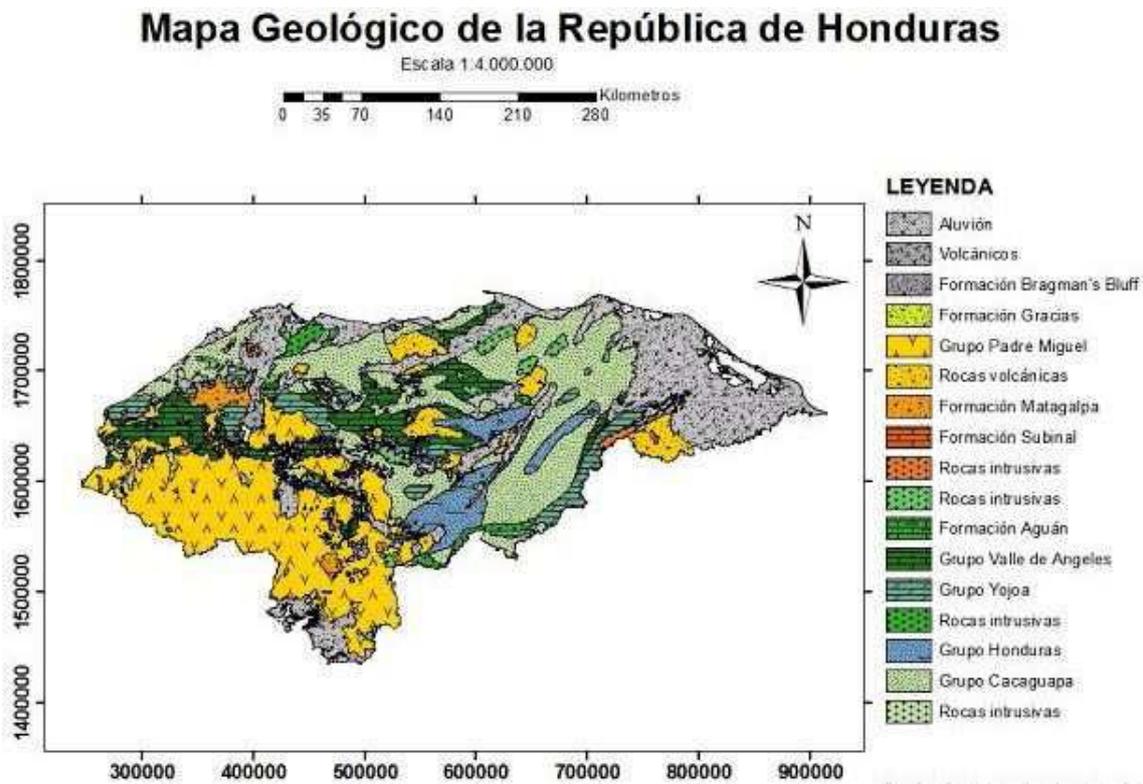


Fig. 2 B.

Mapa de los Depósitos Cuaternarios. Tiene el objetivo de proporcionar una mejor visualización de los depósitos de esa edad cartografiados en el Mapa Geológico de la República de Honduras (Fig. 2 A).

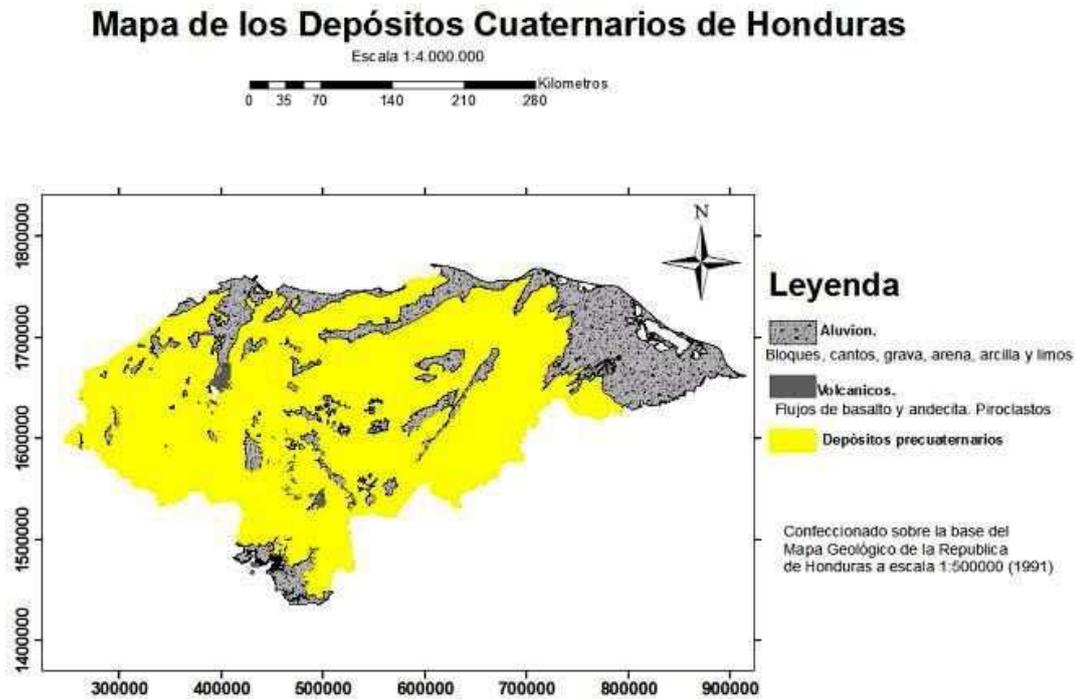


Fig. 3

Mapa de los polígonos, que cuentan con mapas geológicos a escala 1: 50 000, en el territorio de Honduras (tomado de Corrales, 2010). Las cuadrículas representan las respectivas hojas a escala 1: 50 000 y su nombre abreviado (ver columnas de la Fig. 4).

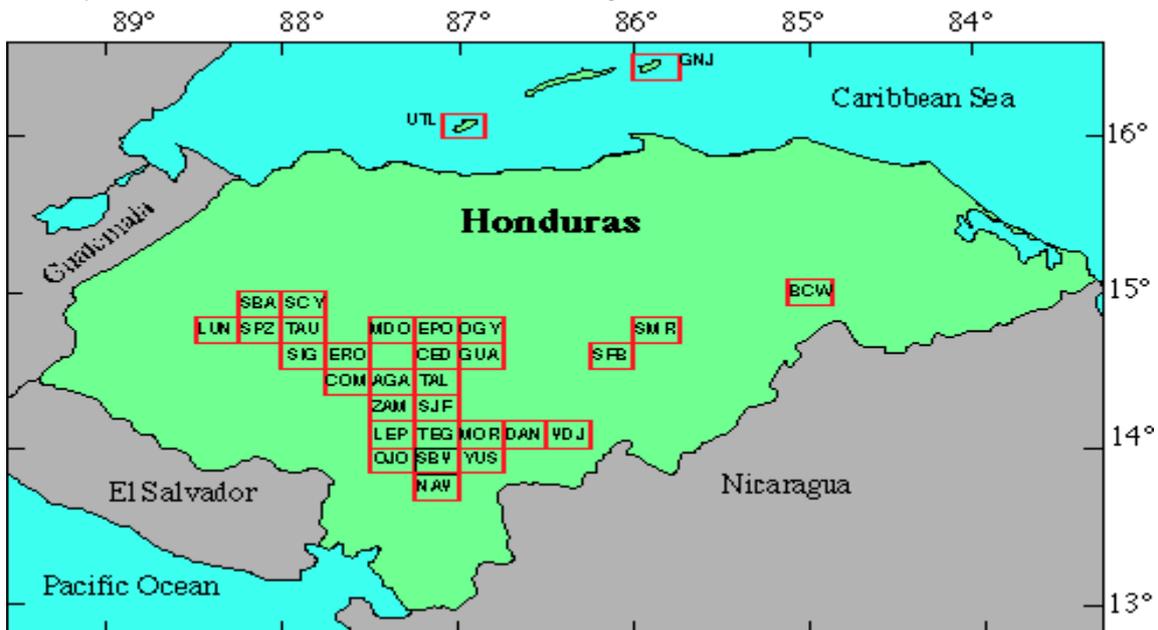


Fig. 4.

Fragmentos de columnas litológicas correspondientes a hojas de los mapas geológicos 1: 50 000, República de Honduras. En la reproducción se han respetado la formulación y el contenido de las columnas, que como se puede observar, en general, no se corresponden con los preceptos de la Estratigrafía. Por ejemplo: divisiones estratigráficas inusuales, falta de claridad de la relación estratigráfica dentro de los depósitos cuaternarios y del Cuaternario con respecto al Terciario. No se dan espesores de los depósitos, entre otros datos, que suelen ser obligados en cualquier caracterización estratigráfica.

LEP LEPATERIQUE 2783G, Anderson (1985)				SJF SAN JUAN DE FLORES, 2758 IG, Elvir (1970)			
Edad	Unidad	Descripción		Edad	Unidad	Descripción	
Cuaternario	Qal	Qal, Aluvión y planes de inundación.		Cenozoico	Terciario (?)		Rocas Intrusivas de Edad Indefinida
	Qt	Qt, Terrazas de grava y aluvión más antiguo.				Teg	Granodiorita (Escobales)
	Qc	Qc, Coluvión que incluye material de escarpa.				Trd	Dacita (Rancho Quemado)
	Qb	Qb, Coladas de basalto tholeítico de olivino y algunos depósitos piroclásticos.				Taa	Andesita porfirítica (Aguacatal)
		Grupo Padre Miguel				Tra	Andesita de hiperstena (Reforma)
				Cuaternario	Qal	Aluvión Cuaternario o del Reciente	
					TQab	Coladas de andesita, basalto e ignimbritas	
						Formación Jutiapa	

AGA ALGATECA 2759 IHG, Emmet & Logan (1983)

Age/Edad	Unit/Unidad	Descripción
Cenozoico	Qal	Qal, Planicies de inundación y depósitos de cauce.
	QTt	QTt, Depósitos de Terraza antiguos y recientes, localmente tobáceos.
	Qb	Qb, Coladas y diques alimentadores de basalto de olivino.
Grupo Padre Miguel		

SBV SAN BUENAVENTURA 2757 IG, Elvir (1969)

Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico	Cuaternario Qal	Aluvión cuaternario o reciente.
	Cuaternario TQv	Coladas de basalto andesita y riolita, vidrio volcánico y depósitos de ignimbrita.
	-Terciario TQab	Coladas de andesita y basalto.
		Formación Jutiapa

ZAN ZAMBRANO 2758 IV, Dupré (1971)

Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico	Qal	Aluvión
	Qg _{1,2}	Qg ₁ -Aluvión más antiguo y terrazas de grava Qg ₂ -Gravas basálticas más antiguas
	Qs	Qs, Escombros de deslizamiento de tierras
	Qb	Qb, Basalto-series de olivino, coladas tholeíticas y escombros piroclásticas
Grupo Jutiapa		

CED CEDROS 2759 IG, King (1973)

Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico		Depósitos fluviales
	Cuaternario Qal	Qal, pie de monte y terraza de grava
	Qsg	Qaf, abanicos aluviales
		Qsg, planicies de inundación y depósitos de cauce
		Depósitos antiguos de valle
	QTd	QTd, Terraza de grava
Grupo Jutiapa		

YUS YUSCARAN 2857 IV G, Harwood (1996)			OJO OJOJONA 2757 IV G, Harwood (1996?)		
Edad	Unidad	Descripción	Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Qal	Mesozoico	Qal	Aluvión del Cuaternario - Terrazas y depósitos recientes de arenas, lutitas, grava y guijarros no consolidado, derivado de los ignimbritas, tobas y basaltos.
		Qt		Qt _{1,2,3}	Basaltos del Cuaternario - Coladas basáltica de pahoehoe y aa, diques y volcanes de tipo escudo y cono de lava. Fenocristales de plagioclasa, olivino, piroxena (augita y hiperstena) y óxidos.
		Qht		Qb	Depósitos hidrotermales; depósitos recientes hidrotermales consistentes en capas bien estratificadas de sílice y carbonatos.
	Qb	Basaltos del cuaternario; coladas basálticas de pahoehoe y aa, diques y conos volcánicos de tipo escudo y de lave; fenocristales de plagioclasas, olivino, piroxeno (augita e hiperstena) y óxidos			
		Formación Gracias			

COM COMAYAGUA 2659 II G, Everett (1970)			ERO EL ROSARIO 2659 I G, Fakundiny (1971)		
Edad	Unidad	Descripción	Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Depósitos fluviales	Cuaternario		Depósitos fluviales
		Qal		Qal	Qal, pie de monte y terraza de grave
		Qsg		Qaf	Qaf, abanicos aluviales
		Qsg	Qsg, planicies de inundación y depósitos de cauce		
			Depósitos antiguos de valle		
	QTd	QTd, Capas lacustres y fanglomerados		QTd	QTd, Terraza de grava
		Grupo Jutiapa	Cenozoico		Grupo Jutiapa

SIG SIGUATEPEQUE 2659 IV G, Curran (1981)

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario	Holoceno	Qa Aluvión cuaternario. Depósitos fluviales recientes y terrazas de grava.
		Qb Basalto cuaternario. Colada de basalto con fenocristales de plagioclasa y algo de olivino alterado (?), y ceniza cuaternario.
Grupo Padre Miguel		

TAU TAULABE 2660 III G, Curran (1981)

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario	Holoceno	Qd Depósitos deltaicos de lodo y restos orgánicos a lo largo de las costas del Lago de Yojoa.
		Qa, Aluvión: Barras de arena y grava depositadas por corrientes, incluye lodos depositados como sobre bancos.
		Qt, Terrazas Aluviales: Grava inconsolidada o parcialmente consolidada y terrazas intercaladas de arena.
Grupo Padre Miguel		

SPZ SAN PEDRO ZACAPA 2560 II G, Finch (1979)

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario		Qal, aluvión fluvial
		Ql, capas lacustres cerca del Lago de Yojoa
		Qt, terraza aluvial
		Qtr, traverino
		Qc, coluvión
Cenozoico		QTd Depósitos de grava, arena y estratos tobáceos retrabajados, como relleno de valle.
		TQb Basalto joven cerca del Lago de Yojoa.
Grupo Padre Miguel		

SBA STA. BARBARA 2560 I G, Finch (1985)

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario		Qal, aluvión fluvial
		Qaf, Abanico aluvial
		Qt, terraza aluvial
		Ql, capas lacustres del lago de Yojoa
		Complejo Eruptivo Yojoa
Cenozoico		Qb, Colados de basalto.
		Qc, Depósitos de ceniza
		Qs, Depósitos de escoria
Terciario		Formación Gracias
		TQg, Estratos inclinados tobáceos y de grava, retrabajados como relleno de valle.
Grupo Padre Miguel		

TAL **TALANGA 2759 II G, King (1972)**

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario		Depósitos fluviales
	Qal	Qal, Aluvión de Valle
	QTd	QTd, Terraza de grava
		Grupo Jutiapa

MDO **MINAS DE ORO 2760 III G, Atwood et al., (1976)**

Edad	Unidad	Descripción
Cuaternario		Depósitos Fluviales
	Qal	Qal, Depósitos sin consolidar, de planicies de inundación y de cause.
	Qt	Qt, Antiguas terrazas de grava a nivel; planicies de inundación y depósitos de cause.
	Qu	Qu, Depósitos fluviales sin consolidar, posición estratigráfica no definida.
		Grupo Padre Miguel

EPO **EL PORVENIR 2760 II G, Simonson (1981)**

Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico		Qsg, arena y grava-planicies de inundación y depósitos de cauce Recientes.
		Qaf
		Qal, aluvión-depósitos aluviales ligeramente erosionados.
		Qaf, abanicos aluviales, abanicos aluviales erosionados depositados por corrientes, que bajan al valle de Siria
	QTd	QTd, aluvión en el Valle de Siria muy erosionado pequeñas terrazas intermontañas de edad desconocidas.
		Grupo Padre Miguel

DAN DANLI 2858 II G, Finch & Ritchie (1990)

Edad	Unidad	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Qaf Qaf-Abanico Aluvial
		Qal Qal-Aluvión Fluvial
	Terciario	TQaf TQal-Abanico aluvial más antiguo
		Tv-2 Principalmente coladas máficas de grano fino y aglomerado

MOR MOROCELI 2858 III G, Markey (1997)

Edad	Unidad	Descripción	
Cenozoico	Cuaternario	Qal Qal, Aluviones y suelos del valle.	
		Qt Qt, Terrazas aluviales.	
		Qaf Qaf, Abanicos aluviales.	
	Terciario	TQal TQal, Aluviones antiguos	
			Formación Gracias?
		TQg TQg, Depósitos tipo Gracias: Depósitos fluviales de areniscas, conglomerados lutitas tobáceos, depositados como relleno de valles.	

SYC SANTA CRUZ DE YOJOA 2660 IV G, Curran (1981)

Edad	Unidad	Descripción
	Qd	Depósitos lacustres. Parte superior de delta reciente, lodos costeros y materia orgánica.
	Qa	Aluvión. Depósitos de arenas y grava de barras y depósitos sobre talud.
	Qt	Antiguos depósitos fluviales, generalmente guijarros, cantos rodados y grava, algunas veces cementados parcialmente por calcita.
	Volcánicos Lago de Yojoa	
	Qc	Ceniza volcánica café rojiza.
	Qb	Volcánico lago Yojoa no diferenciado.
	Qb1	Basalto de olivino: Escasos fenocristales de olivino iddinsitizado (iddinsitized) y minoría de minerales opacos.
	Qb2	Andesita basáltica con fenocristales de plagioclasas: fenocristales de feldespato euhedral con poco olivino reabsorbido en hiperstena, en una matriz microcristalina de plagioclasas, ortopiroxena y poca magnetita.

Plioceno		plagioclasas así como por intercrecimientos de microlitos de plagioclasas euhedral, agregados de micro-fenocristales de olivino reabsorbido en una matriz de feldespatos alcalinos, minerales opacos y augita.
	Qb9	Traquita: Fenocristales euhedrales de plagioclasas y feldespatos anhedral, agregados de augita y magnetita, en una matriz feldespática alcalina.
	Qb10	Basalto de olivino: Abundantes fenocristales de plagioclasas y microlitos de olivino en una matriz de minerales opacos, interceptada por olivino y plagioclasas.
Plioceno	TQb1	Basalto de olivino: Antigua secuencias de basalto de olivino con fenocristales de plagioclasas en una matriz microlítica de plagioclasas con intersecciones de minerales opacos y olivino.
	TQb2	Andesita basáltica afánítica y basalto tholeiítico: Microfenocristales de plagioclasas y olivino en una matriz de plagioclasas y minerales opacos.
	TQs	Ceniza y escoria: Ceniza café a gris, intemperizado, inconsolidada a debilmente consolidada.
Volcánicos Mas Antiguos		

			Vdi	VALLE DE JAMAISTRAN 2958 III G, Rogers (1995)		
Edad	Unidad	Descripción				
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Qs	Escoria de andesita basáltica: fenocristales de plagioclasas de un centímetro con poco olivino reabsorbido y augita en una matriz escorreaa vídriosa con dispersos cristales de plagioclasas.		
			Qb3	Latita: abundantes fenocristales de feldespatos alcalinos complejamente divididos en zonas periféricas y microlitos de plagioclasas rodeados por ortoclasa, olivino alterado a iddingsita, augita y magnetita, en una matriz microlítica de feldespatos alcalinos.		
			Qb4	Andesita: escasos fenocristales de plagioclasas (1 a 2 mm), hornblenda y minerales opacos en un flujo bandeado de matriz microlítica plagioclasas.		
			Qb5	Andesita: fenocristales (1cm) de plagioclasas con micro- fenocristales de magnetita y augita en un flujo bandeado de matriz microlítica de plagioclasas, minerales opacos y clinopiroxeno.		
			Qb6	Basalto de olivino: microlitos de plagioclasas (1cm) en una matriz de plagioclasas con intercalaciones de olivino y minerales opacos.		
			Qb7	Traquita: fenocristales de feldespatos alcalinos (sanidino) en una matriz de plagioclasas y sanidino, rutilo, magnetita y hornblenda		
			Qb8	Traquita: fenocristales de feldespatos alcalinos fuertemente reabsorbidos, ocasionalmente reemplazados por		
			Cenozoico	Terciario		Qal
	Qaf					
	Qt _{1,2,3}	Terrazas aluviales: gravas sub-angulares a redondeados guijarros y arena apoyados por los fragmentos				
	TQt _{1,2,3}					
			TQaf	Abanicos aluviales y depósitos de canales de fragmentos angulares, pobremente clasificados y apoyado por la matriz.		
			TQb	Basaltos: coladas basálticas con cristales de olivino, biotita y plagioclasa. Masivas negras donde frescas gris-clara en superficies desgastadas. A veces muestran fracturas de exfoliación.		
			TQv	Coladas máficas: coladas muy bloqueosas de andesita color marrón a morado con bloques de gran tamaño. Espesor de coladas de: 400-500 metros. Algunos depósitos de arena fina de detrítica volcánica máfica.		

SMR SANTA MARIA DEL REAL 3060 III G, Gordon (1993)

Edad	Unidad	Descripción	
Cenozoico	Cuaternario	Qal	Qal, Planicies de inundación recientes
		Ql	Ql, Depósitos de derrumbe
		Qaf	Qaf, Abanicos aluviales en su mayor parte disectados por corrientes recientes, pero aún muestra forma cónica bien definida. Qaf parece yacer sobre Qt ₂ .
		Qt _{1,2,3}	Qt ₁ , Terrazas inferior y más jóvenes aproximadamente 5m sobre el nivel Río Guayape. Qt ₂ , Terrazas alrededor de 5-10 m por encima de Qt ₁ y más erosionadas, conservan sin embargo una superficie plana bien preservada.
		QTtd	QTtd, Terrazas cuaternarias ó terciarias tardías, profundamente disectadas. Se encuentran predominantemente al este del Río Tinto y del Río Guayape en alturas de hasta 200m sobre el nivel actual de estos rios. Una capa de ceniza volcánica (toba) se encontró dentro de estos depósitos en las coordenadas 28.8/25.4.

Fig. 5.
Columna estratigráfica generalizada para todos los depósitos de Honduras, incluidos los cuaternarios (Rogers, 1992 y SERNA-GEOMINHBGM, 1987-1992. Modificada por Otero Borregán, 2011).

ÉPOCA		FORMACIÓN		EVENTOS
CUATERNARIO	Holoceno	ALUVIAL		Levantamiento de Honduras (erosión).
	Pleistoceno	Basalto		
TERCIARIO	Plioceno	Fm. Gracias		Subducción Placa Cocos. Constitución de prisma de acreción en borde de subducción de la placa cocos.
	Mioceno	Grupo Padre Miguel		
		Oligoceno		
	Eoceno	Fm. Matagalpa		
	Paleoceno			
	CRETÁCICO SUPERIOR	Maastrichtiense	Grupo Valle de Angeles	
Campaniense		Jaitique		
Santonense				Esquías
Coniaciense		Rocas Rojas Inferiores		
Turonense				
Cenomaniense				
CRETÁCICO INFERIOR	Albiense		Grupo Yojoa	
	Aptiense			
	Barremiense			
	Hauteriviense	Grupo Honduras	unidad siliciclastica sin nombre	
	Valangiense			
	Berriasiense			
JURASICO	Superior			Fase tectónica, plegamiento, metamorfismo, intrusivos.
	Medio	Fm. Aguafria		
	Inferior			
TRIASICO			Emersión continental.	
PALEOZOICO	Esquistos Cacaguapa		Orogenesis mayor del fin del Paleozoico.	

Marco geólogo-geográfico regional

Como regla, los depósitos cuaternarios desde el punto de vista de su génesis y distribución tienen una relación directa con condiciones geólogo-ambientales específicas, las cuales son determinadas por el marco geólogo-geográfico general. Por tanto, la identificación de éste constituye un buen referente para guiar las investigaciones geológicas pertinentes de estos depósitos. También es de utilidad para la implementación adecuada de los resultados obtenidos.

La República de Honduras se encuentra en el centro-norte de América Central, con una superficie de 112,492 km², siendo su anchura máxima de 360 km de norte a sur y su longitud máxima de 676 km de este a oeste. Sus límites físicos son: al norte el mar Caribe; al sur El Salvador, el océano Pacífico y Nicaragua; al este el mar Caribe y al oeste la república de Guatemala (Fig.6).

Fig. 6.

Mapa de la ubicación geográfica de Honduras en Centro América (tomado de Otero Borregán, 2011).



La morfología predominante de Honduras es la montañosa, con elevaciones de más de 1000 m, superando los 3 000 en algunos puntos, muy diseccionada, con fuertes pendientes. El 60% del territorio presenta pendientes mayores del 30% y múltiples cerros, valles y colinas, conformando 19 cuencas principales (14 en la vertiente norte y 5 en la sur) y numerosas microcuencas hidrográficas. Las zonas costeras caribeña y pacífica constituyen las áreas de relieve más bajo del país, de superficie llana (Fig.7). También son llanas o ligeramente onduladas y colinosas las superficies de numerosos valles intramontanos existente (Fig. 8, Tab. 1).

Fig. 7.

Esquema de elevación digital del terreno de la república de Honduras (tomado de Internet). Se distinguen dos tipos fundamentales de relieve: a) planicies angostas inundables del Caribe, que se extienden como ramales, siguiendo las depresiones entre las cordilleras, ocupan un área de 16, 4% del país, poseen pujantes deltas en los ríos Ulúa, Chamalecón, Patuca y Segovia. También cuentan con varias lagunas en su porción este: de Caratasca, de Guaymarote, Quemada, Tina, de Alvarado, de Taquimaya, de Jucutuma y de de Toloa; b) planicies del Pacífico, en las costas del golfo de Fonseca y c) alturas, montañas, y valles intramontanos (Fig. 7 B), que en conjunto constituyen el 81,7 % del territorio nacional. Los colores oscuros representan las planicies (a, b).

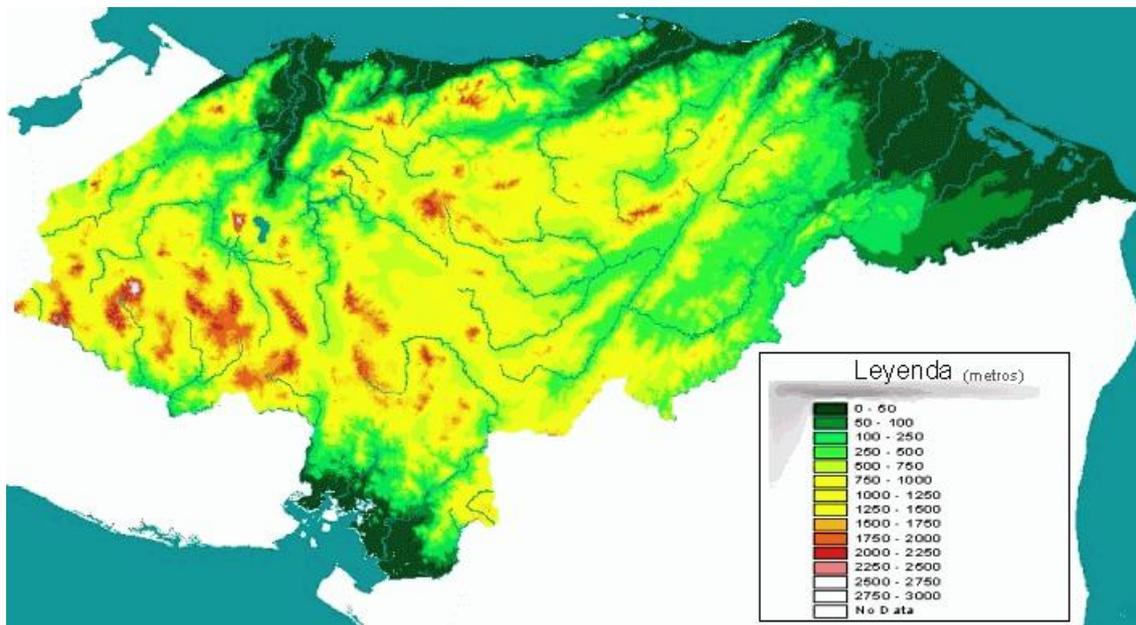
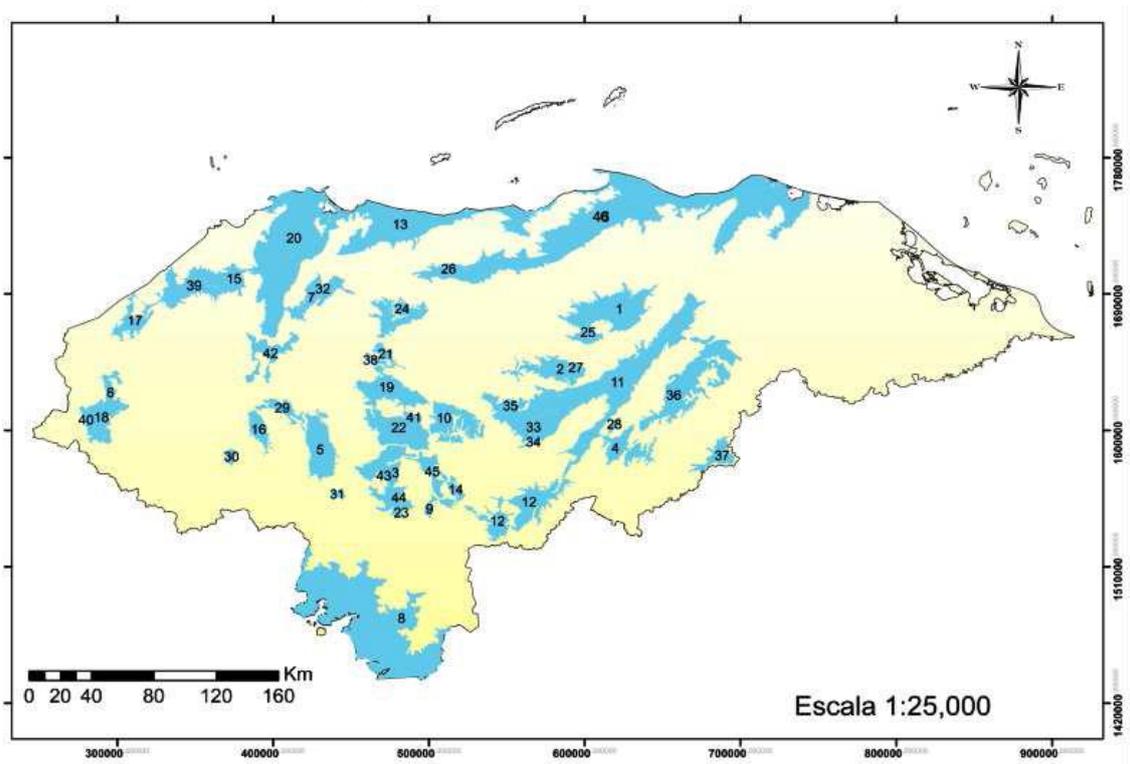


Fig. 8.

Esquema de ubicación de los valles de Honduras (según el Mapa Fisiográfico de la República de Honduras, 1995. Guía para el Investigador de Honduras, 1996 y el Sistema Nacional de Información Territorial de Honduras-SINIT, 2015).



En Honduras, debido a su localización geográfica, no se dan las características típicas de las cuatro estaciones del año que se conocen en las latitudes medias. Sólo existen dos estaciones bien definidas, la seca (noviembre – abril, con picos en septiembre) y la lluviosa (mayo octubre, con picos en abril). En general, la humedad es 80-86 %, pudiendo llegar hasta 90 %, localmente (Empresa Nacional de Energía Eléctrica, Guía para el Investigador de Honduras, 1966-1988).

Desde el punto de vista del marco geológico regional Honduras está situada en el noroeste de la placa tectónica del Caribe, justo al sur de la zona de contacto entre ésta y la Placa Norteamericana. El contacto entre la placa del Coco (de naturaleza oceánica) y las placas del Caribe y Norteamericana (de naturaleza continental) conforman un margen tectónico activo, en el cual, la placa del Coco, más densa, subduce bajo las otras dos (Fig. 9). Este proceso produce la formación de la fosa Mesoamericana y los arcos volcánicos de Centro América, incluido el del Cuaternario.

Fig. 9.
Esquema de la posición tectónica regional de Honduras.



El límite entre la placa tectónica de Norte América y la del Caribe está formado por los sistemas de falla de Polochic-Motagua (sur de Guatemala) en su parte terrestre, y por la continuación marina de este sistema, la fosa Caimán, todo el sistema de fallas es tipo cizalla.

Este margen de placa es un escenario tectónico que produce deformaciones intraplacas, probablemente responsables de la existencia de una serie de horst y graben orientados aproximadamente de norte a sur de las montañas Mayas de Belice hasta el golfo de Fonseca, que se conoce en conjunto como Depresión Honduras, no existiendo una continuidad entre ellos, sino más bien se trata de una zona de cuencas extensionales, bordeadas por fallas normales con rumbo norte-sur.

Desde el punto de vista del contexto estratigráfico regional, los principales elementos que caracterizan el territorio nacional se encuentran generalizados en la Columna Estratigráfica de Honduras, de Rogers (1992) y SERNA-GEOMINHBGRM (1987 1992) y modificada por Otero Borregán (2011) (Fig. 5).

Depósitos cuaternarios

El análisis de los resultados de investigaciones precedentes y de la información perteneciente a los autores de este trabajo ha permitido confirmar la existencia de depósitos cuaternarios aluviales y volcánicos en el territorio emergido hondureño; así como distinguir otros tipos genéticos no mencionados hasta el momento: eluviales, eluvio-coluvio-proluviales y palustres; así como también suponer la posible existencia de otros, por ejemplo: biogénicos, aluvio-marinos, lacustres e hidrotermales, que deberán ser confirmados con estudios futuros.

El grado de estudio geológico actual del país no permite distinguir las divisiones estratigráficas establecidas para el Cuaternario: Pleistoceno Inferior, Medio y Superior, y Holoceno. Por esta razón es preciso, por ahora, tratarlo como depósitos cuaternarios indiferenciados. Solo en algunos casos es posible inferir tentativamente su antigüedad sobre la base de algunos factores, como por ejemplo: la posición hipsométrica, el grado de litificación y de intemperización, entre otros.

Depósitos aluviales.

De forma general se definen como los depósitos resultantes del transporte y acumulación por los ríos del producto resultante del intemperismo químico y físico de rocas de diferentes edades y composición. En el caso de Honduras están compuestos de limos, arcillas, arenas, gravas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados. Su distribución es estratiforme, a veces oblicua, con cierta clasificación granulométrica (Fig. 10). Su fuente de procedencia es la denudación de los macizos rocosos elevados, de pendientes pronunciadas, desde donde luego de intemperizarse han sido transportados por: a) la fuerza de gravedad lenta o rápidamente, b) las aguas salvajes y c) los torrentes hasta llegar a los ríos, los cuales finalmente los transportaron y depositaron.

Los ríos han depositado su carga en un orden constante de mayor a menor tamaño de los clastos, en: a) el cauce medio; b) en el cauce bajo y c) en las costas bajas, a las que llegan las fracciones predominantemente limo-arcillosas. La zona de acumulación de los cauces

medios relacionadas con valles intramontanos, como los presentados en la Fig. 8 y la Tab. 1, ocupan áreas importantes, formando llanuras cuasialuviales, con una importante presencia de bloques tectónicos, formando colinas bajas controladas por fallas y constituidas por rocas precuaternarias, cubiertas por cortezas de intemperismo y suelo o prácticamente descubiertas, en el caso de las más elevadas (Figs. 11, 12, 13). También hay valles con sedimentos eluvio-coluvio-proluviales o pie de monte, ubicados en la zona de transición de las planicies a las laderas, citados como coluvio en la memoria descriptiva del Mapa Hidrogeológico de la República de Honduras (1996). En el Mapa Geológico de la República de Honduras (Fig. 2 A) se cartografían solo depósitos aluviales para todos los valles. Sin embargo, su constitución geológica es mucho más compleja, por estar determinada por depósitos aluviales, pie de monte, rocas precuaternarias y de forma subordinada depósitos eluviales (corteza de intemperismo).

Fig. 10.

Corte de los depósitos aluviales en la segunda terraza aluvial del río Humuya, valle de Comayagua, cortado por el canal transoceánico, conocido como Canal Seco. La estratificación gradada de diferentes granulometría es resultado de la alternación de períodos lluviosos, con grandes avenidas (acumulación de material más grueso) y períodos secos de corrientes fluviales normales (acumulación de material más fino). En superficie existe un suelo bien desarrollado. El espesor visible es de unos 6 m.



Fig. 11.

Colina cortada por el Canal Seco, valle de Comayagua. Está constituida en su núcleo por tobas, mientras que su cobertura es una corteza de intemperismo, que aún conserva finos estratos de tobas algo silicificada y, finalmente un horizonte edáfico de desarrollo incipiente.



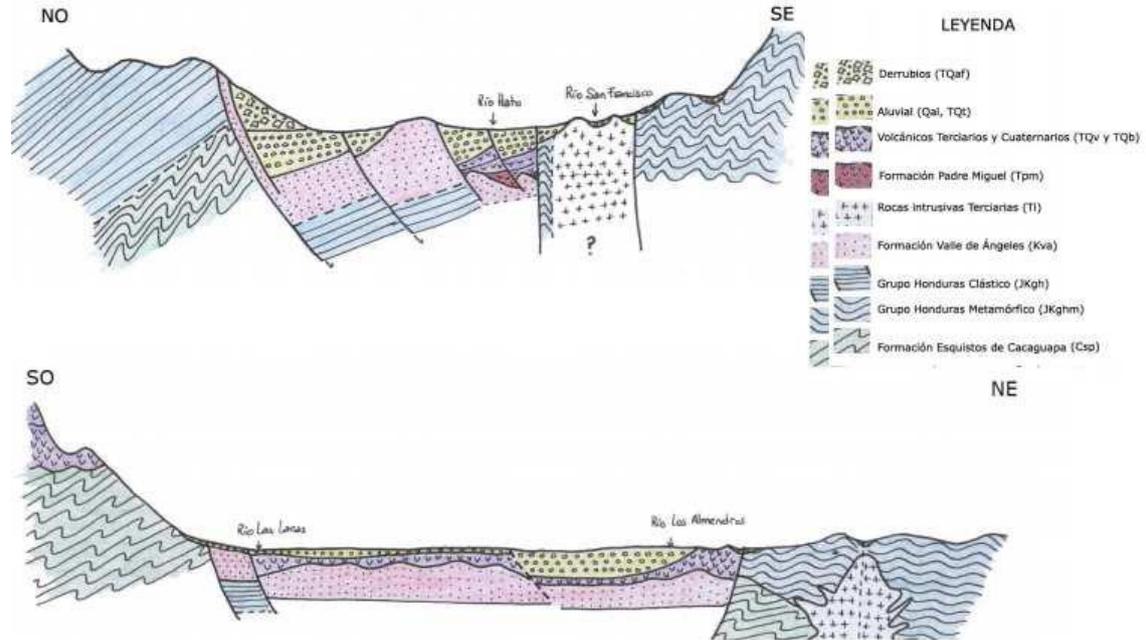
Fig. 12.

Colina cortada por el Canal Seco, valle de Comayagua, constituida por tobas, que afloran.



Fig.13.

Cortes geológicos del valle Jamastrán (Informe Estudio Hidrogeológico. Geólogos del Mundo, 2005), donde se ilustra la presencia de depósitos aluviales, rocas precuaternarias y pie de monte (derrumbios).



Con relación a los ríos se observa la siguiente distribución de los depósitos aluviales: a) cauces actuales (Figs. 14 A, 14 B); b) paleovalles o paleocauces (Fig. 15), que debido al ascenso neotectónico del terreno fueron levantados, siendo abandonados por sus respectivos ríos. Estos son abundantes en el país, particularmente en su parte centro- sur, que es la más activa tectónicamente, por su proximidad a la zona de subducción de las placas del Caribe y del Coco (Fig. 9) y c) terrazas aluviales, formadas igualmente por ascenso neotectónico. Regularmente aparecen de dos a tres niveles de terrazas a decenas de metros de altura sobre el cauce actual de los ríos, con un ancho variable de hasta centenares de metros. En estos casos los espesores abarcan desde los primeros metros hasta más 50 m, según se observa en los taludes de viales (Fig. 10) y reportes de perforación (Memoria descriptiva del Mapa Hidrogeológico de la República de Honduras, 1996).

Fig. 14. A.

Depósitos aluviales representativos de cauces actuales, polimícticos, compuestos de bloques, cantos, gravas y arenas de rocas volcánicas. Cauce del río Guascorán, próximo a la localidad El Llano del Pueblo, municipio Aramecina (vertiente sur del país).



Fig. 14 B.

Depósitos aluviales representativos de cauces actuales, polimícticos, compuestos de bloques, cantos, gravas y arenas de rocas volcánicas. Cauce del río Cuero, La Ceiba (vertiente norte del país).



Fig. 15.

Depósitos aluviales en la parte superior del corte, que constituye un paleocauce, labrado en tobas precuaternarias (parte inferior homogénea del corte). Están constituidos por bloques, cantos, gravas y arenas, polimícticos de origen volcánico. Débilmente cementados por material limoarcilloso, ligeramente intemperizados y cubiertos por suelo. Ubicación en la periferia del valle de Siria, talud en la carretera que conduce a Tegucigalpa.



Una parte de los depósitos aluviales se extienden hasta el borde costero, donde sufren una constante reelaboración, selección y rede positación, formando playas y barras (Figs.16, 17, 18), por lo que pudieran denominarse aluvio-marinos. Otra parte va a parar a las lagunas (Fig. 19) y a los manglares, los cuales no han sido investigados en detalles, pero los autores de este trabajo observaron que el aporte de materia orgánica es tal, que los sedimentos pudieran denominarse palustres.

FigS. 16A, 16B.

Depósitos aluviales acumulados en la zona costera, donde son reelaborados y redepositados, formando playas de arenas, bien desarrolladas, en muchos casos. Pudieran considerarse como depósitos aluvio-marinos. 16 A-Playas de San Lorenzo, desarrolladas sobre una barra de arenas, que separa al mar de una laguna costera, en proceso de colmatación, debido a la antropización generalizada a que está sometida la zona. 16 B. Playas en Trujillo, precedidas por dunas (tomada de Burgos Bennett, 2011).



Fig. 17.

Se muestran detalles de las arenas de las playas de San Lorenzo. Granulometría de fina a media. La coloración oscura pudiera estar relacionada con el contenido de materia orgánica y la desintegración de algunos tipos de rocas volcánicas oscuras. Las arenas de la costa caribeña suelen ser de color más claro (Fig. 16 B), debido a su contenido de bioclastos marinos.



Fig.18.

Mapa Geológico, mostrando la extensión de los depósitos aluviales (Qal) hasta la línea de costa, donde bajo la acción del oleaje y las corrientes marinas laterales forman barras de arenas, llegando a extenderse mar adentro (península) (tomado de Burgos, 2011). En las lagunas contiguas a las barras se forman depósitos palustres, tanto en la planicie costera sur, como en la norte del país (Fig. 19 B).



Fig. 19.

Depósitos palustres en el manglar colindante con tierra firme (fotos de la izquierda) y en el interior de una laguna (foto de la derecha), planicie costera sur del país.



Los depósitos aluviales son los más difundidos entre todos los depósitos cuaternarios, además de ocupar partes importantes en los valles intramontanos, en los cauces medios de los ríos y en paleocauces, también ocupan las planicies costeras en ambas márgenes del país, como justamente se representan en el Mapa Geológico de la República de Honduras (1991) y el Mapa de los Depósitos Cuaternarios de Honduras. (Figs. 2 A, 2B). En la zona de la Mosquitia los depósitos aluviales junto con areniscas han sido atravesados por perforaciones de exploración para hidrocarburos por más de 800 m. Se le adjudicó una edad del Plioceno- Cuaternario por Mills y Hugh (1974), quienes los denominaron Formación Bragman's Bluff (Fig. 2 A).

Se puede inferir que los depósitos aluviales en Honduras se han estado acumulando, por lo menos, durante todo el Cuaternario. Esta hipótesis se fundamenta en las siguientes evidencias: sus considerables espesores; sus incipientes cementación e intemperización química; la amplitud de los movimientos neotectónicos, que lo han desplazado

verticalmente desde su posición original y la presencia de un suelo en su superficie con un perfil de desarrollo bastante avanzado (Figs.10, 11, 15,20).

Fig. 20.

Suelo formado sobre depósitos aluviales, donde solo se conservan litoclastos de cuarcita y raros ejemplares de otros tipos de rocas, las cuales han sido reducidas casi en su totalidad a suelo y a arcillas, dado el intemperismo químico. El corte corresponde al último nivel de una escalera de tres terrazas aluviales, situadas en un segmento de la rivera del río Choluteca, comprendido entre la colonia Maradiaga y la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI), Tegucigalpa. El espesor visible de suelo supera el metro y se encuentra a una altura de 88 m por encima del cauce actual del río, debido al ascenso neotectónico del terreno.



Depósitos palustres (Fig. 19). Este tipo de sedimentos suele estar compuesto por arcillas, limos y fracciones más gruesas. Todos ellos provenientes de restos vegetales y faunísticos marinos y terrestre; así como litoclastos terrígenos, restos carbonizados de troncos y raíces de mangles. También abundantes ejemplares bien conservados de caracoles y conchas de agua dulce y salada. Color gris y pardo oscuro. Se encuentran fuertemente salinizados. O sea, que surgen a partir de la acumulación de sedimentos marinos, aluviales

y del aporte de la vegetación propia de la zona de inundación costera. Si en estas condiciones llegan a predominar los restos vegetales y faunísticos, entonces se estará en presencia de depósitos biogénicos, propios de los manglares más alejados del aporte terrestre.

Depósitos eólicos. En la zona costera los depósitos aluviales también pueden ser reelaborados y redepositados por el viento, pudiendo denominarse eólicos. En la costa norte del país Burgos (2011) reporta depósitos eólicos, representados por acumulaciones de arenas gruesas y finas, que se encuentran a lo largo de la línea de costa, formando cinturones arenosos, de ancho variable, desde unas pocas decenas de metros, como en la zona de Santa Fe y Cristales, hasta una zona de varios cientos de metros, en las inmediaciones de la Bahía; también se presentan cinturones arenosos internos, aéreas de Jericó hasta Castilla.

Según el mencionado autor los depósitos arenosos presentan una morfología plana y ligeramente ondulada, propia de las dunas activas de playa, con elevaciones menores a los 2 m. En las que actualmente se observa un proceso erosivo de regular intensidad, ocasionado por el viento, que está acarreado notablemente las arenas hacia tierra adentro. En la zona de 23 Jericó hasta Castilla, donde el viento y el oleaje han creado una porción en línea de unos 60 m de ancho por unos 7 km de largo, que avanza empujando la duna, hacia las aguas de la laguna, creando una faja de arena entre la costa y la laguna. El área noreste entre la punta Castilla y Farallones en su parte costera marina posee una geomorfología característica de dunas marinas consolidadas.

Depósitos eluviales. Se definen como materiales meteorizados que se encuentran sobre o cerca de su punto de formación, o sea, producto de alteraciones físico-química de las rocas de distinta composición y edad que se acumulan *in situ*. Constituyen la concentración o enriquecimiento de minerales poco solubles, como el hierro y el oro, con la migración de los más solubles, como el cobre.

En Honduras se pueden observar formando cortezas de intemperismo, en la superficie de las rocas precuatnarias con superficie no sometidas a proceso de erosión gracia a su buena cobertura boscosa y/o a pendiente poco pronunciada y, además, no cubiertas por

otros tipos de depósitos cuaternarios, como por ejemplo los de tipo aluvial. Alcanzan sus mayores espesores en las rocas magmáticas y metamórficas más antiguas. Su composición varía en dependencia de la roca infrayacente que le dio origen (Figs.11, 21, 22, 23, 24). En este trabajo se está asumiendo que las cortezas de intemperismo son todas de edad cuaternaria, pero no es errado pensar que en algunos casos pudieran ser más antiguas, por cuanto se desarrollan en rocas expuestas al intemperismo desde mucho antes del Período Cuaternario. La respuesta a esta interrogante solo puede ser desentrañada con las investigaciones geológicas necesarias.

Fig.21.

Corteza de intemperismo, tipo sombrero de hierro o gossan, de unos 3m de espesor. Municipio Mina de Oro. A través de la misma existe un túnel de una mina del tiempo de la colonia. El color rojizo se debe a la concentración de hierro, por lo que se puede denominar corteza ferrítica, esto es común para las cortezas desarrolladas sobre macizos metamórficos, en Honduras.

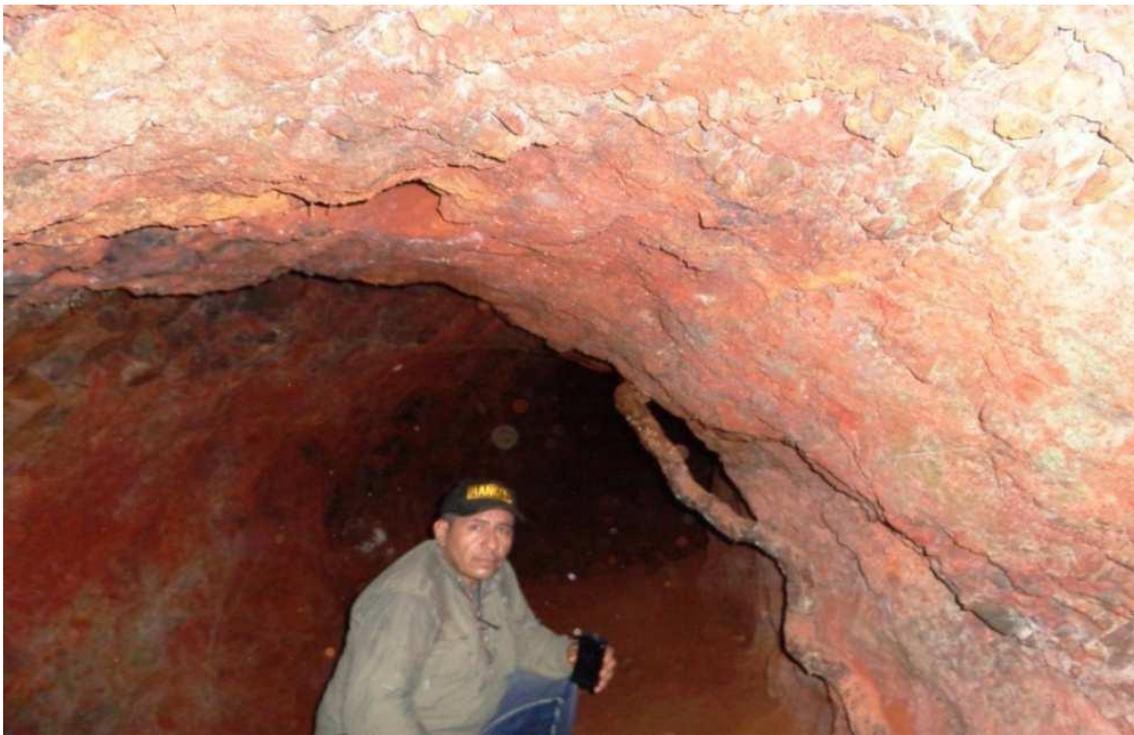


Fig. 22.

Al fondo de la foto se observa una corteza de intemperismo de 3-5 m de espesor, desarrollada en el macizo metamórfico La Lola, municipio Mangulile. Los esquistos que infruyen a los depósitos eluviales son hospederos de oro, a ellos pertenecen las brozas que se encuentran apiladas y en sacos.



Fig. 23.

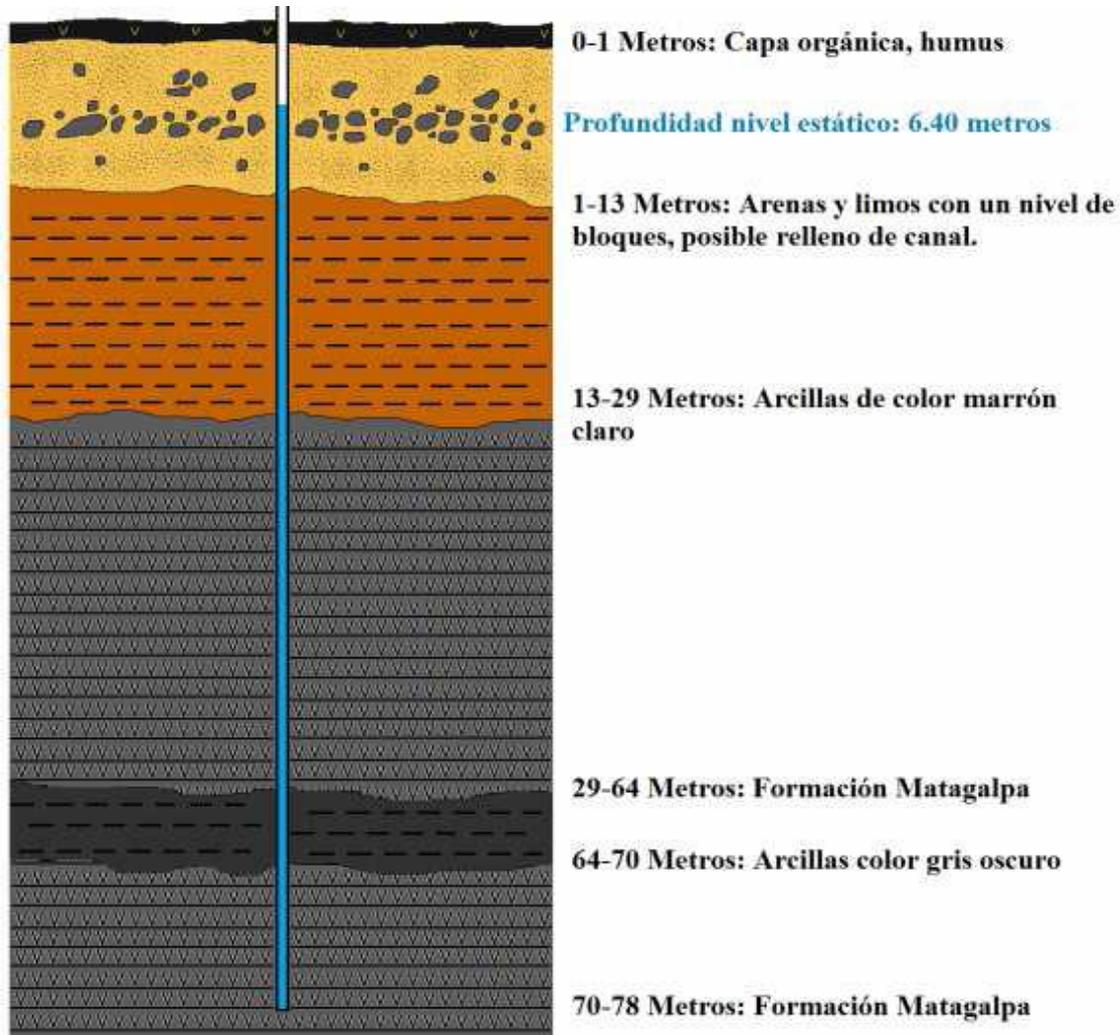
Corteza de intemperismo en desarrollo, por lo que aún se pueden observar clastos angulosos en proceso de meteorización, sobre basaltos cuaternarios, con 1-2 m de espesor visible. Corte en la carretera, sur de Sabana grande, Tegucigalpa.



Además de las cortezas de intemperismo que se pueden observar en la superficie de las rocas precuaternarias no cubiertas por otros tipos de depósitos cuaternarios, también es probable que estas formaciones asumidas como cuaternarias se puedan encontrar sepultadas en áreas considerables, cubiertas por depósitos aluviales. Una evidencia de tal probabilidad es el corte de un pozo perforado en la aldea de San Marcos (Fig.24).

Fig. 24.

Pozo perforado en la aldea San Marcos, municipio de Danlí. Sus coordenadas según el Datum WGS 84, 16 N son: X-546701, Y- 1545082 (tomado de Murillo Álvarez (2012). A través del mismo se descubre una corteza de intemperismo en la superficie de los esquistos de la Formación Matagalpa, subyugada por depósitos aluviales.



Depósitos eluvio-coluvio-proluviales. Se refiere a un complejo genético de depósitos, en el cual además de los eluviales, aparecen los que se derivan de estos: a) transportados por las aguas salvajes o deluviales y corrientes con cauces temporales pequeñas y torrenciales (proluviales) y b) trasportados por la fuerza de gravedad a través de pendientes pronunciadas de una manera lenta o por deslizamientos (coluviales o de gravitación) (Figs. 25, 26).

Los agentes dinámicos, que intervienen en el movimiento de estos sedimentos terminan su acción al final de las laderas, donde pueden permanecer en forma de abanico de deyección (depósitos de pie de monte), por ejemplo: los cartografiados por Rogers y

O'Conner (1993) como eluvios, en los pueblos de Valle de Ángeles y El Zamorano, formados por arenas, gravas y guijarros de fragmentos de lutita, areniscas, tobas y otros materiales volcánicos. O pueden ser incorporados a las corrientes aluviales, convirtiéndose en depósitos aluviales.

Una de las particularidades de depósitos eluvio-coluvio-proluviales es que los litoclastos son básicamente angulosos, a diferencia de los aluviales que son redondeados, con tres ejes distintivos. Esta morfología resulta del trabajo geológico de los ríos. Por otra parte, su distribución en la ladera y en el pie de monte es caótica desde el punto de vista composicional y de las dimensiones. En Honduras las principales fuentes de aporte de este tipo de sedimento, al igual que de los aluviales son las rocas metamórficas y volcánicas.

Fig. 25.

Depósitos eluvio-coluvioproluviales, en ladera del macizo metamórfico contiguo al pueblo de Atacama, con 3 m de espesor visible. En la parte superior del corte se pueden observar bloques y cantos residuales de cuarcita, que quedan expuestos a medida que se va erosionando el material más fino de la corteza de intemperismo en desarrollo, luego ellos también se trasportarán hasta el pie de la ladera, por acción de las aguas y la gravedad. El color rojizo se debe a la concentración de hierro, o sea, que son ferríticos. El pie de monte constituye el substrato del pueblo de Atacama, Olancho.



Fig. 26.

Depósitos eluvio-coluvioproluviales, en las riveras de la cabecera del río Cuero, La Ceiba, con más de 1m de espesor visible. Predominan los litoclastos de rocas volcánicas.



Tanto los depósitos eluviales, como los eluvio-coluvio-proluviales, a pesar de no haber sido cartografiados durante las distintas investigaciones geológicas realizadas en el país, cuentan con una amplia difusión territorial, debido al predominio existente de las rocas magmáticas y metamórficas (Fig. 2 A). No es solo un problema de cartografía, sino también conceptual y de valoración de la importancia de su conocimiento, lo cual se confirma al no haberse considerado, además, dentro de los textos explicativos.

Depósitos lacustres. Honduras es uno de los territorios del planeta que cuenta con la exclusividad de tener un lago, de Yojoa, que además no está entre los de menor dimensión a nivel mundial. Vale la pena de alguna forma referirse aquí a lo que podrían ser los depósitos de su fondo. Está situado a una Latitud entre 14°45' y 14°57' norte y una Longitud entre 87°53' y 88°07' oeste. A 635 m de altitud, se encuentra rodeado por grandes montañas que alcanzan alturas de más de 2600 m de altitud, como la de Santa Bárbara y cerro Azul Meambar. El lago tiene una longitud de 16,2 km y un ancho promedio de 6,2 km, ocupando un área de aproximada de 83,5 km². Su mayor profundidad es de 26 m.

Los depósitos cuaternarios del interior del lago no han sido estudiados, pero considerando que en él desembocan corrientes de aguas superficiales con arrastre de sedimentos terrígenos, entonces se puede suponer el predominio de sedimentos aluviales. Su granulometría debe ser fina, teniendo en cuenta que la red fluvial responsable del acarreo es poco potente, sumado a la composición de la fuente de aporte, determinada por los siguientes grupos litológicos (Fig.27):

- a) Hacia al oeste (montaña Poza Azul y del cerro Santa Bárbara) se encuentran depósitos calizas karstificadas, con varias depresiones de drenaje subterráneo. En los alrededores del Mochito y en el sur, se encuentran afloramientos del Grupo Valle de Ángeles (Kva), consistente en una secuencia sedimentaria (lutitas, estratos rojos). En la zona meridional afloran las areniscas verdes y grises de la Formación Todos Santos (JKhg).
- b) En el sector oriental las litologías que dominan son la perteneciente a las formaciones volcánicas provenientes del Terciario (andesitas, ignimbritas y piroclastos- Tpm-). Estas rocas forman el cerro Azul Meambar.
- c) En el sector norte - noreste se encuentran las formaciones volcánicas más recientes, del Cuaternario, que se originaron de los volcanes ubicados en el norte del Lago (Qv).

Entre estas estructuras volcánicas está el cerro Babilonia, con 1093m de altitud. El emitió la mayoría de los flujos de lavas existentes en el área. Principalmente, coladas de lavas basálticas que bajan hacia el valle de Amapa, llegando próximo al norte de los pueblos de Río Lindo y Yojoa. En toda el área contigua al lago se encuentran depósitos recientes, compuestos de sedimentos aluviales, lacustres y eluvio-coluvio-proluviales, que fueron depositados en las orillas del lago y en las desembocaduras de los ríos (cartografiados como depósitos aluviales-Qal).

La otra fuente de aporte a los sedimentos de los depósitos lacustres es la biota del interior del lago, en particular las plantas, que crecen vigorosamente hacia sus partes menos profundas (Fig. 28). Significa que el contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas. Es probable que se cumpla aquí lo que es común para los depósitos palustres universalmente, la presencia de estructuras laminadas en niveles muy finos. También es posible que el contenido de materia orgánica aumente de año en año, a medida que el lago va siendo colmatado e invadido por vegetación.

Fig. 27.

Esquema geológico estructural de la sub cuenca del lago de Yojoa, mostrando los depósitos que constituyen la fuente aporte de sedimentos hacia su interior de este cuerpo de agua; así como la red hidrográfica a través de la cual estos son transportados (tomado de Otero Borregán, 2011).
Leyenda; Qal. Aluvión del Cuaternario, Qv. Volcánicos del Cuaternario, Tpm. Grupo Padre Miguel, Ky. Grupo Yojoa, JKhg. Grupo Honduras.

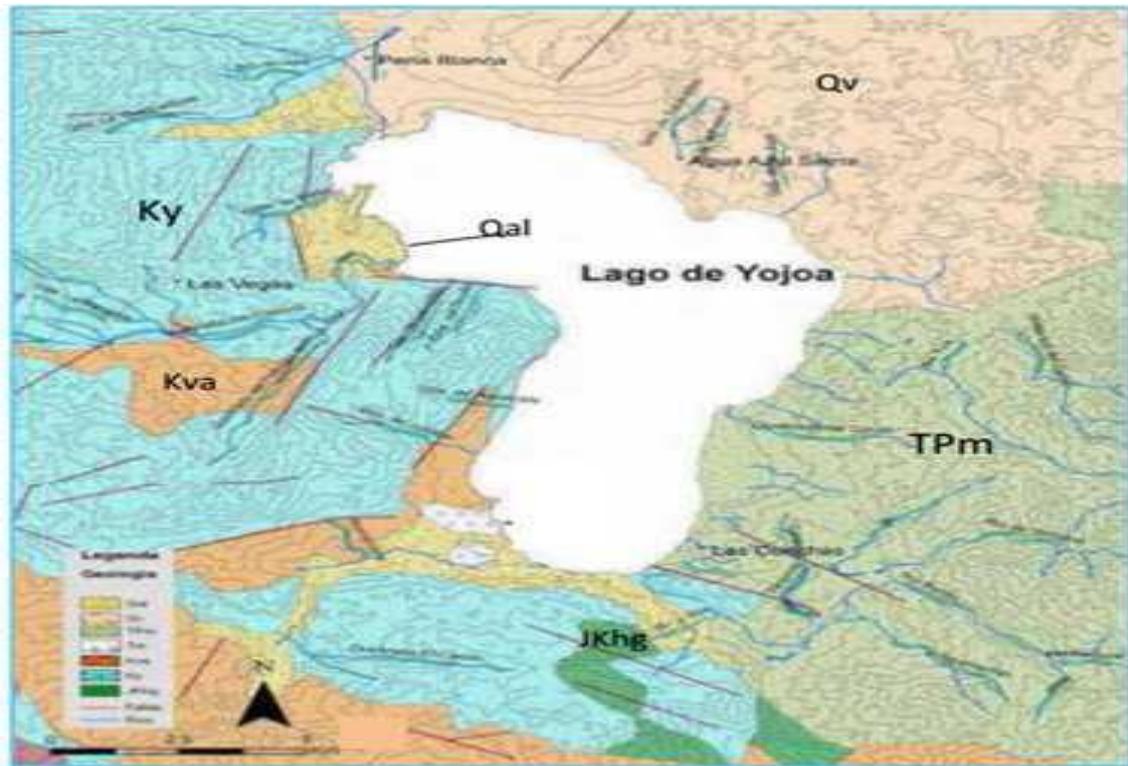


Fig. 28.

Vegetación en el interior del lago de Yojoa, representada por algas muy prolíferas. Constituyen fuente de materia orgánica en el proceso de sedimentación lacustre (tomado de Geólogos del Mundo, 2009-2010).



Depósitos volcánicos. En el territorio de Honduras a diferencia de otros países de Mesoamérica no existen volcanes activos, sin embargo tiene depósitos volcánicos

cuaternarios, al respecto Gonzalo Cruz (2009) apunta lo siguiente: “...todos los volcanes cuaternarios de Honduras están distribuidos dentro de una ancha faja que corre hacia el norte a través de Tegucigalpa, lago de Yojoa, el graben de Sula y termina en Utila, una de las islas de la Bahía en el golfo de Honduras. Casi todos los pequeños volcanes de esta faja en las intersecciones de fallas y figuras orientadas NO y NE descargaron corrientes de basaltos tolehiticos. Cerca del lago de Yojoa sin embargo, las lavas tolehiticas vienen acompañadas de corrientes de traquitas, traquiandesita y traquibasaltos, semejantes a la mayoría de las rocas volcánicas cuaternarias ya descritas en Centro América y México. Las erupciones de basaltos alcalinos también tuvieron lugar en cráteres que bordean el graben de Sula y la isla de Utila (Elvir, 1974)”. Estas rocas volcánicas han sido fechados por el método K-Ar en 0,5 Ma (Italiano Hidrotermal de 1987 *fide* Roger, 2003).

Rogers y O'Conner (1993), en sus investigaciones geológicas de la hoja 1: 50 000, Tegucigalpa, del territorio homónimo describieron los basaltos cuaternarios (Qb) como: coladas de basalto oscuro que presentan pequeños cristales de olivino y plagioclasa y pocas escorias piroclásticas, con aspecto vesicular y vítreo. Se encuentran al oeste de Comayagüela y en ciertas mesetas en el sur del cuadrángulo de Tegucigalpa. Estas coladas son los mismos basaltos encontrados en el polígono de la hoja Lepaterique (Anderson, 1987). El contacto entre los basaltos y las tobas del Grupo Padre Miguel se nota por el cambio brusco a color café y por los numerosos bloques de basaltos columnares (Fig. 29). No existen datos radiométricos para estos basaltos. En la hoja de Tegucigalpa es probable que el espesor de los basaltos sea menos de 100 m.

Fig. 29.

Basaltos cuaternarios, columnares, ligeramente intemperizados, con más de 6 m de espesor visible. Corte en la carretera al sur de Sabana Grande, Tegucigalpa. Similares a estos se observan en la altura de Zambrano.



Depósitos hidrotermales. En Honduras hay numerosos emanaderos de aguas termales, que en realidad no generan gran acumulación de minerales, pero si costras mineralizadas de azufre por ejemplo, que pueden tener, además, ciertos niveles de radioactividad, como es el caso de los manantiales de San Ignacio, junto al valle de Siria, departamento de Francisco Morazán (Figs. 30, 31), donde alcanza hasta 28 Microsievert por hora (MicSv/h).

Otros puntos donde se encuentran estas fuentes de agua son: 1) Agua Caliente, departamento de Choluteca; 2) Azacualpa, San Pedro de Zacapa, departamento Santa Bárbara (consideradas como las más célebres); 3) Agua Caliente, aldea El Caiflón, Nacaome, departamento de Valle; 4) Aldea El Tamboral, departamento de Comayagua; 5) Oropolí, departamento El Paraíso; 6) La Paz, departamento La Paz; 7) Cane, departamento La Paz; 8) Agua Caliente, Esparta, departamento de Atlántida; 9) Comayagua, departamento de Comayagua; 10) La Campa, Gracias, departamento de Lempira y 11) El Silín, Trujillo, departamento de Colón, entre otros.

Las propiedades físicas, químicas y biológicas con fines terapéuticos o para la obtención de energía geotérmica, aún están por investigar, pero a juzgar por la experiencia internacional acumulada sobre los usos de las aguas termales se puede suponer con certeza que constituyen un importante recurso natural. Empíricamente en algunas localidades del país son usadas exitosamente en balnearios. Por ejemplo en: Aguas Calientes, Copán Ruinas; San Ignacio; complejo Glenda's Paradise próximo a La Ceiba y Trujillo; en la comunidad de El Silín, el balneario “Aguas Termales”, en la cercanía de Gracias, Lempira y balneario aguas termales de Santa Rita, Yoro.

Entre los beneficios terapéuticos de las aguas termales se encuentran los siguientes: 1) estímulo de las defensas del organismo; 2) calmante y analgésico; 3) depuración de la sangre y eliminación de los productos de desechos y las toxinas a través de la diuresis y la sudoración; 4) relajación de el sistema nervioso; 5) relajación del metabolismo retardado; 6) sanación y mejoría de enfermedades de la piel como la psoriasis, dermatitis, etc. y 7) retardo del proceso de envejecimiento, entre otras. Estas aguas termales aparecen asociadas con una geomorfología propia de regiones volcánicas acompañada de fallas y fracturas, como son los conos volcánicos, mesetas de lava, domos de lava e incluso conos compuestos, además de aparecer asociadas con el tipo de vulcanismo intrusivo a lo largo del alineamiento montañoso formado por la presión del batolito interno, por ejemplo en la sierra de Nombre de Dios al norte de Honduras.

Estos puntos deben ser tenidos en cuenta cuando se cataloguen los depósitos cuaternarios del país, por su significado para el estudio de los procesos geológicos relacionados con la tectónica, el magmatismo y la prospección de yacimientos minerales. También por el significado de las aguas en tratamientos terapéuticos para mejorar la salud humana, que las han hecho merecer el calificativo de “milagrosas”.

Fig. 30.

Manantial de aguas termales en San Ignacio, junto al valle de Siria, formando pequeñas cascadas por irregularidades de la zona falla, por la cual ascienden a la superficie. Su temperatura rebasa los 70°C, son ligeramente radiactivas y albergan bacterias (costra de color oscuro en la foto) capaces de utilizar compuestos inorgánicos reducidos como sustratos para obtener energía y utilizarla en el metabolismo respiratorio. Es una facultad conocida con el nombre de quimiosíntesis. Estas bacterias mejoran las propiedades terapéuticas de los manantiales termales.



Fig. 31.

Azufre nativo y probablemente otros minerales depositados por las aguas termales. Manantial en San Ignacio, junto al valle de Siria.



Importancia del conocimiento de los depósitos cuaternarios en Honduras

Aún sin haber estudiado a profundidad los depósitos cuaternarios del país, ya se han identificado evidencias de cuanto estos significan para las investigaciones básicas geológicas y en la implementación del conocimiento geológico con diferentes propósitos.

Los depósitos cuaternarios constituyen un segmento importante en la historia del desarrollo geológico de Honduras tanto por la diversidad que los caracteriza, dada por su génesis magmática y sedimentaria, como por la extensión que ocupan y la difusión prácticamente en todo el territorio.

En los depósitos cuaternarios aluviales de los valles intramontanos son característicos importantes reservorios de agua subterránea, de gran significado para las actividades que desarrollan los asentamientos humanos en estas áreas, de tipo agrícola e industrial, fundamentalmente.

Los depósitos cuaternarios aluviales de los valles intramontanos y ríos son de uso como áridos para la construcción y como material de relleno. Aspecto que merece ser

investigado, por cuanto es probable que en algunos casos necesite ser regulado por sus posibles implicaciones medioambientales negativas.

Está probada la existencia de yacimientos de tipo placeres de oro en los depósitos aluviales de los cauces de los ríos y en las terrazas aluviales, los cuales son explotados artesanalmente. Está aún por estudiar la existencia de placeres marino-costeros y, que potencialmente es posible, por cuanto hay depósitos aluviales provenientes de zonas auríferas, que llegan hasta el mar. Según testimonios de los colonizadores españoles, cuando arribaron por primera vez al país observaron como los nativos usaban pepitas de oro para contrapesos en las artes de pesca.

Los depósitos cuaternarios de tipo palustres son una fuente potencial de fangos minero-medicinales (peloides). Esta materia prima se define como un conjunto de sedimentos naturales de tonalidades oscuras a claras, que se forman en cuencas hídricas naturales (lagos, esteros, bahías, etc.) y en salinas, cuyos componentes principales son: el agua, elementos minerales y orgánicos, que forman una masa homogénea plástica y finamente dispersa, con determinadas características físicoquímicas y microbiológicas, los cuales les confieren importantes propiedades terapéutica.

No menos importantes desde el punto de vista terapéutico son los emanaderos de aguas termales y los depósitos acompañantes del Cuaternario, que tanto abundan en diversos puntos del país y que constituyen una fuente inagotable para mejorar la salud de la población hondureña; así como para extranjeros a través del turismo de salud o por otras modalidades de acceso y uso de las mismas.

En general, por ser los depósitos cuaternarios los más superficiales de la tierra constituyen el sustrato inmediato de muchas actividades antrópicas y, en consecuencia guardan relación directa con los diferentes factores del medio ambiente y su evolución. Con frecuencia su frágil constitución o su función hospedera de diferentes recursos naturales (minerales, suelos, agua y otros) dictan pautas en la evaluación de la aptitud del terreno para sus diferentes usos y el consecuente ordenamiento territorial.

III. Discusión final

Los depósitos cuaternarios ocupan un lugar importante en la constitución geológica de Honduras, tanto por su extensión territorial, como por su diversidad genética, representada por: aluviales, eluviales, volcánicos, eluvio-coluvio-proluviales, la kustres, eólicos, aluvio-marino, biogénicos e hidrotermales. Se encuentran con espesores cartografiables (varios metros), probablemente, en más del 50 % de la superficie emergida del país.

Dentro de la gama genética de depósitos cuaternarios existentes en el territorio nacional, los más citados en las diferentes investigaciones son los aluviales y los volcánicos. Con frecuencia los demás tipos pasan inadvertidos. Hay casos, como por ejemplo los mapas a escala 1: 50 000, que se hace un intento por diferenciar todos los tipos existentes de depósitos de esta edad, sin embargo no se logra a cabalidad, debido al uso impropio de la nomenclatura establecida para el Período Cuaternario. Es que en realidad la Geología del Cuaternario es una especialidad dentro de la Geología, no dominada por muchos geólogos.

El significado de los depósitos cuaternarios para las investigaciones básicas geológicas del país y la implementación del conocimiento geológico con diferentes propósitos, amerita que los mismos sean estudiados sistemáticamente.

IV. Recomendaciones

Estudiar sistemáticamente los distintos tipos de depósitos cuaternarios existentes en el país.

Establecer la potencialidad de los recursos naturales económicamente aprovechables, que se hospedan en los depósitos cuaternarios, como: agua subterránea, placeres de oro, aguas minero-medicinales y peloides, entre otros.

Utilizar correctamente en las investigaciones geológicas la nomenclatura estratigráfica establecida para el Período Cuaternario.

Considerar dentro de los mapas temáticos utilizados para determinar la aptitud del terreno para el Ordenamiento Territorial, el mapa de los depósitos cuaternarios a una escala lo más informativa posible.

Introducir en la enseñanza de la Geología, la Geología del Cuaternario, con especial énfasis en la correspondiente a territorio de Honduras.

V. Reconocimientos

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a las máximas autoridades académicas de la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI), la Lic. Jance Carolina Funes, el Ing. Luis Eveline y la Ing. Rina Enamorado, por haberle facilitado la presencia en Honduras y, así poder relacionarse con la Geología del país para hacer esta modesta contribución. También al Ing. Abner Carias y al estudiante Javier Isaac Sosa por su colaboración en el procesamiento gráfico de algunos materiales ilustrativos de los resultados de esta investigación.

VI. Referencias bibliográficas

Anderson. D. M (1987): *Mapa Geológico de Honduras: Hoja de Lepaterique, 1: 50 000*. Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Burgos Bennett. E (2011): *Descripción Biogeofísica de los Humedales Marino-Costeros Trujillo-Bajo Aguán*. *On line*: [http://190.11.224.74:8080/jspui/bitstream/32/123456789/377/1/Diagnostico%20de%20Revisi%C3%B3n%20general%20de%20los%20humedales%20Aguan_%202011.pdf].

Burgos Bennett. E (2011): *Revisión general de los humedales marino -costeros del área de la bahía de Trujillo-Guaimoreto-Aguan, Colon, Honduras*. Fundación Calentura-Guaimoreto. *On line*: [http://190.11.224.74:8080/jspui/bitstream/123456789/377/1/Diagnostico%20de%20Revisi%C3%B3n%20general%20de%20los%20humedales%20Aguan_%202011.pdf].

Cabrera. M & L. L. Peñalver (2001): *Contribución a la estratigrafía de los depósitos cuaternarios de Cuba*. Rev. C. & G., 15 (3-4). © SEG. AEQUA. GEOFORMA Ediciones, 37-49 pp.

Comisión Estratigráfica Internacional (2014): *Tabla Geocronológica Internacional*. *On line*: [www.estratigraphy.org].

Corrales. R. E (2010): Caracterización de Alteración Hidrotermal y Dinámica de Cobertura de Suelos mediante métodos de Teledetección, en El Valle de Choluteca, Honduras. Tesis MOGT/UNAH. *On line*: [sb.unah.edu.hn/cgi-bin /koha/opac-detail.pl?biblionumber=86243].

Emmet. P & W. Logan (1983): *Mapa Geológico de Honduras, hoja de Algateca, escala 1:50 000*. Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Finch, R. C. & A. R. Richie (1990): *Agua Fría o 1985 abstract Gordon, M.B., 1990, Strike-slip faulting and basin formation at the Guayape fault - Valle de Catacamas intersection, Honduras, Central America (tesis doctorado inédita): University of Texas, Austin, 259 pp.*

Geólogos del Mundo (2009-2010): *Programa para la regeneración medioambiental del lago de Yojoa. Informe Final Honduras (Inédito)*. *On line*: [http://www.xeologosdelmundo.org/programa-para-la-regeneracion-edioambiental -del-lago-de-yojoa-honduras/].

Geólogos del Mundo (2005): *Informe hidrogeológico del valle Jamastrán*. *On line*: [http://www.xeologosdelmundo.org/programa-para-la-regeneracionmedioambiental -del-lago-de-yojoa-honduras/].

Gonzalo Cruz.C (2009): *Notas Generales sobre los Estudios Sismotectónicos de Honduras*. *On line*: [http://cidbimena.desastres.hn/ pdf/spa/ doc13219/ doc13219 .htm].

Instituto Geográfico Nacional (1996): *Guía para Investigadores de Honduras*. Tegucigalpa, Honduras, 141p.

Instituto Geográfico Nacional (1996). *Mapa Hidrogeológico de la República de Honduras. Escala 1: 500 000 y su Memoria descriptiva*.

Instituto Geográfico Nacional (1997). *Mapa Geotectónico de la República de Honduras. (Escala 1: 1000 000)*.

Kozuch. M. J (1989): *Geology of the San Francisco de Becerra Quadrangle*. Honduras, Open File Report, Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Kozuch. M. J (1990): *Mapa Geológico de Honduras, Hoja de San Francisco de Becerra: escala 1: 50 000*. Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Kozuch. M. J (1991): *Mapa Geológico de Honduras, 1: 500 000*. Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras. Centro-América.

Mills. R. A. & Hugs. K. E (1974): *Reconnaissance geologic map of Mosquitia region, Honduras and Nicaragua Caribbean coasts*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, vol. 58, 189-207 pp.

Murillo Álvarez. M (2012): *Informe final del proyecto ayuda para la ampliación del sistema de agua y saneamiento de la aldea San Marcos del municipio de Danlí, El*

Paraíso, Honduras. Universidad de Oviedo (Inédito). *On line:* [<http://www.xeologosdelmundo.org/./Informe-final-San-Marcos-sin-anexox-2>].

Otero Borregán. L (2011): *Temporalidad de parámetros de calidad en el lago de Yojoa, Honduras, en opción al título de Máster “Recursos Geológicos y Geotécnicos”.* Universidad de Oviedo. *On line:* [[http:// www. Geologosdelmundo.org/./Laura-tesis%20sin%20anexos%202011](http://www.Geologosdelmundo.org/./Laura-tesis%20sin%20anexos%202011)].

Pineda Portillo. N (2008): *Geografía de Honduras, cuarta edic.* Tegucigalpa, Multigráfico Flores, 450 p.

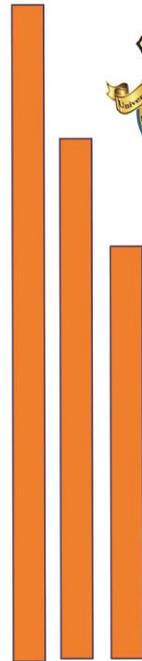
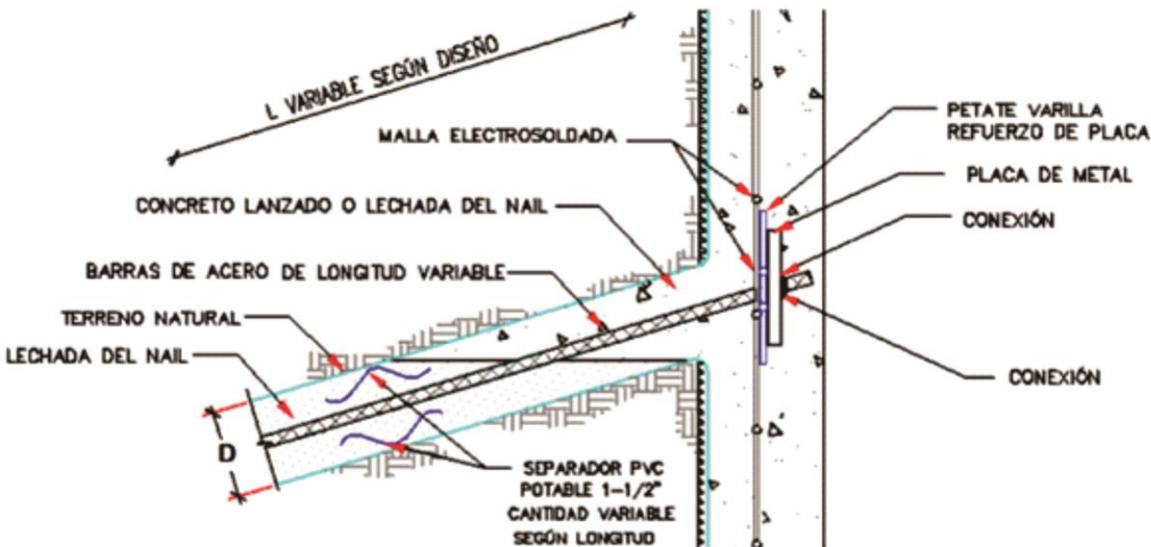
Rogers. R. D (1992): *Geology of the Valle de Jamastrán Quadrangle, Honduras, Open File Report.* Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras 56 p.

Rogers. R. D (2003): *Historia tectónica y estratigrafía-Jurásico- Reciente del bloque Chortís de Honduras y Nicaragua (Norte América Central).* La Universidad de Texas en Austin, Ph. D. disertación, 289 p.

Rogers. R. D & E. A. O'Conner (1993): *Mapa Geológico de Honduras: Hoja de Tegucigalpa (segunda edición), 1: 50 000.* Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras.

Sistema Nacional de Información Territorial de Honduras (SINIT). *On line:* [https://www.google.hn/?gws_rd=cr&ei=4eInVuGBI4W1eKX_mMAP#q=SINIT.+Honduras].

Walker. M., S. Johnsen, S.O. Rasmussen, T. Popp, J. P.Steffensen, P. Gibbard, W. Hoek, J. Lowe, J. Andrews, S. Björck, L. C. Cwynar, K. Hughen, P. Kershaw, B. Kromer, T. Litt, D. J. Lowe, T. Nakagawa, R. Newnham & J. Schwander (2009): *Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. Journal of Quaternary Science 24(1) 3–17pp.*



2 CONTENIDO

ESTRUCTURAS DE SUELO CLAVADO UNA ALTERNATIVA PARA EL REFUERZO DEL TERRENO



Volumen No. 2

Estructuras de Suelo Clavado una Alternativa para el Refuerzo del Terreno

Alex Galindo³

Resumen.

Este documento tiene el objetivo de mostrar la práctica actual del diseño y construcción de una estructura de Suelo Clavado (Soil Nail) tanto para taludes de corte en carretera como para muros de contención. Se da especial atención al uso de este tipo de tecnología para proyectos viales. El documento hace hincapié en que el Suelo Clavado representa una importante alternativa de refuerzo del terreno para aplicaciones de corte, ya que hace más eficiente el proceso constructivo, al aprovechar la obra de corte para su construcción y estabilización.

Palabras claves: *Suelo Clavado, anclaje pasivo, refuerzo del terreno, contención, muro, talud reforzado.*

Abstract

This document aims to show the current practice of design and construction of a structure Soil Nailing (Soil Nail) for both road cut slopes and retaining wall . special attention to the use of this technology for road projects is given . The document emphasizes that the Soil Nailing represents an important alternative for soil reinforcement cutting applications because it makes more efficient the construction process, by leveraging cutting work for construction and stabilization.

Key words: *soil nail, passive anchor, soil reinforcement, containment, wall, reinforced slope.*

³ Tegucigalpa, Honduras. Facultad de Ingeniería Civil Teléfono: (504) 2225 74 55. Correo electrónico: alexgalindom@gmail.com

Introducción

En Honduras en el contexto de la planificación y realización de proyectos no es tan productivo debido a que el pago de los mismos no se realizan como se deben, sin embargo existe otro parámetro bastante identificado, que si existen empresas que quieren realizar distintos proyectos, pero el punto es que Honduras a la vez carece de investigadores eficientes, ya que dedicarse a este rubro es un poco complejo. No obstante el círculo de la investigación es muy reducido y a la vez monopolizado por aquellos investigadores de reconocido nombre. Pero ese no es el punto, en si es que se debe investigar para que se pueda obtener un desarrollo en los elementos estructurales.

En este proyecto de investigación se hace un abordaje de la construcción desde distintos ángulos, en primer lugar el de suelo clavado que es el punto central, en el cual trata de un reforzamiento de los ejes de construcción vial, el Soil Nail se enfatiza en una serie de pasos que son pequeños desgloses del mismo, como elementos metodológicos del Soil Nail, en donde obedecen a un conjunto sistematizado de pasos para luego concluir en el resultado de lo que es en sí el mismo método.

Y para poder ser más específico en el contexto del método de suelo clavado se plasman un conjunto de estructuras, o imágenes, con el objetivo de ilustrar cada uno de los procesos que se desarrollan en la realización y aplicación del método de construcción suelo clavado, y de ultimo se concluye que este método es una de las mejores opciones en el ámbito de la ingeniería y por ende sería de beneficio su aplicabilidad.

I. Materiales y metodología

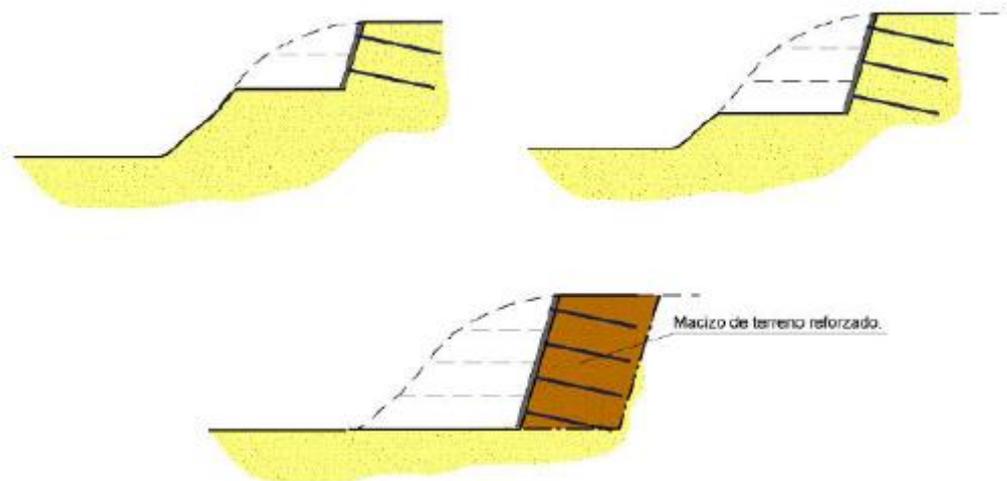
En este caso la metodología que se utiliza en el trabajo de investigación es la de estructura suelo clavado, en donde está misma sirve para brindar una protección a las distintas construcciones viales. En cuanto a los materiales se refiere a una utilización normativa de los de construcción en este caso el hierro y el sistema de cemento, y con ello otros elementos que se correlacionan con los mismos.

II. Resultados

a. Suelo Clavado (Soil Nail)

Según la Federal Highway (FHWA-IF-99-026) de los Estados Unidos, el concepto básico del suelo clavado (Soil Nail) para muros y taludes reforzados es el de resistir y reforzar las presiones de tierra mediante la instalación de anclajes de acero a espaciamientos muy cercanos entre sí, usualmente entre 1 a 2 metros en dirección vertical y horizontal. Estos anclajes son conocidos como clavos (nails) de anclaje pasivos y se colocan en el talud o excavación a los espaciamientos y según las longitudes dictados por el diseño. El procedimiento constructivo típico consiste en la construcción desde la cima al pie del corte, realizando la excavación a medida se va profundizando el corte. Es Método conocido como Top-Down. Ver figura 1. Sin embargo, no es el único procedimiento posible.

Fig. 1.
Esquema de método constructivo Top-Down de una estructura de Suelo Clavado.
(Tomado de Ortuño L., 2010).



b. Pre dimensionamiento de una estructura de suelo clavado

En las figuras 2,3, 4 y 5 se presentan dimensionamientos típicos para el claveteado del terreno que pueden resultar de un diseño. De acuerdo a la experiencia del autor, siguiendo las recomendaciones de diseño de la FHWA (2003), estas recomendaciones de pre dimensionamiento son las que podrían resultar en un diseño típico y convencional de un muro o talud de suelo clavado. Puede observarse que la longitud de los anclajes puede hacerse en un patrón uniforme o en un patrón no uniforme y variable con la altura del corte.

Fig. 2.
Pre dimensionamiento de un muro clavado (Soil Nail) con patrón de anclajes uniforme

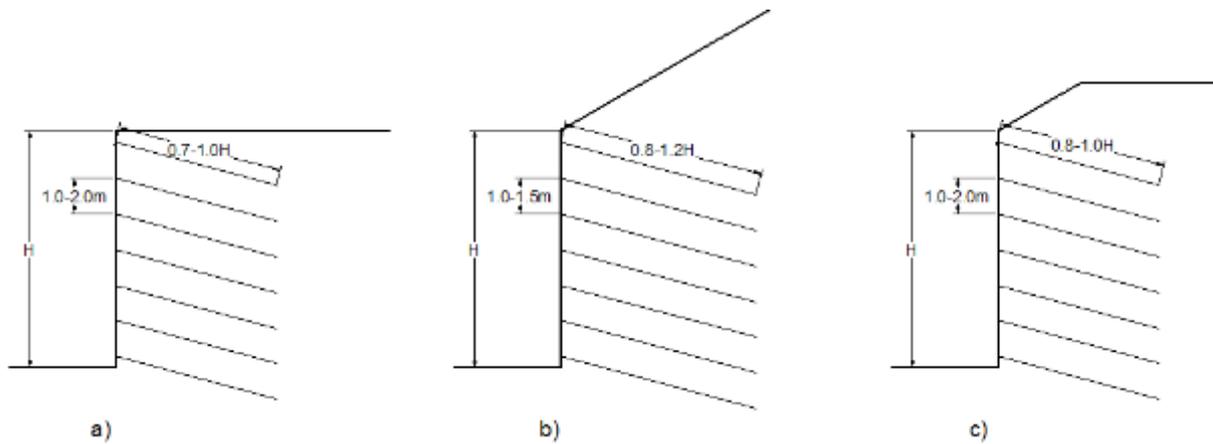


Fig. 3.
Pre dimensionamiento de un muro clavado (Soil Nail) con patrón de anclajes no uniforme

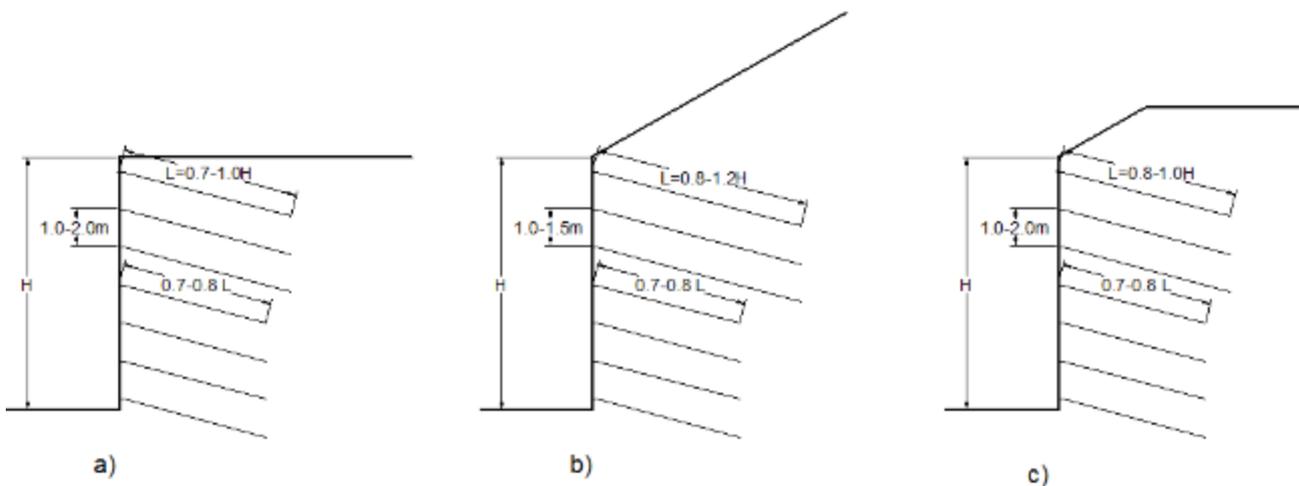


Fig. 4.
Pre dimensionamiento de un talud clavado (Soil Nail) con patrón de anclajes uniforme

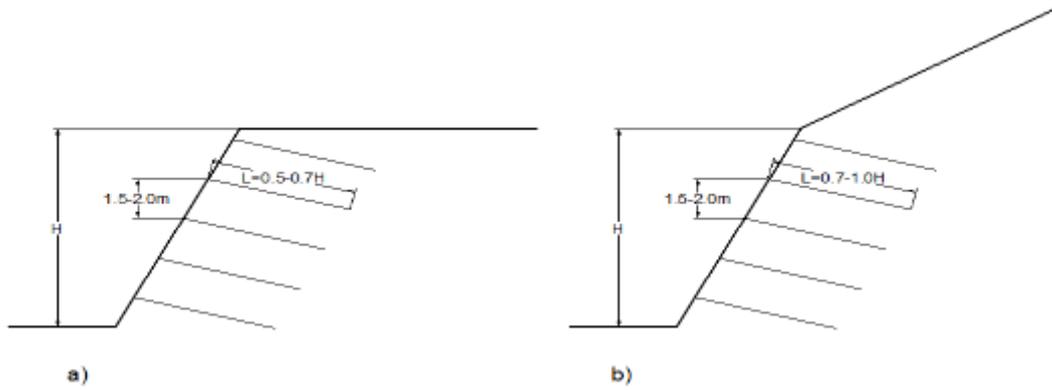
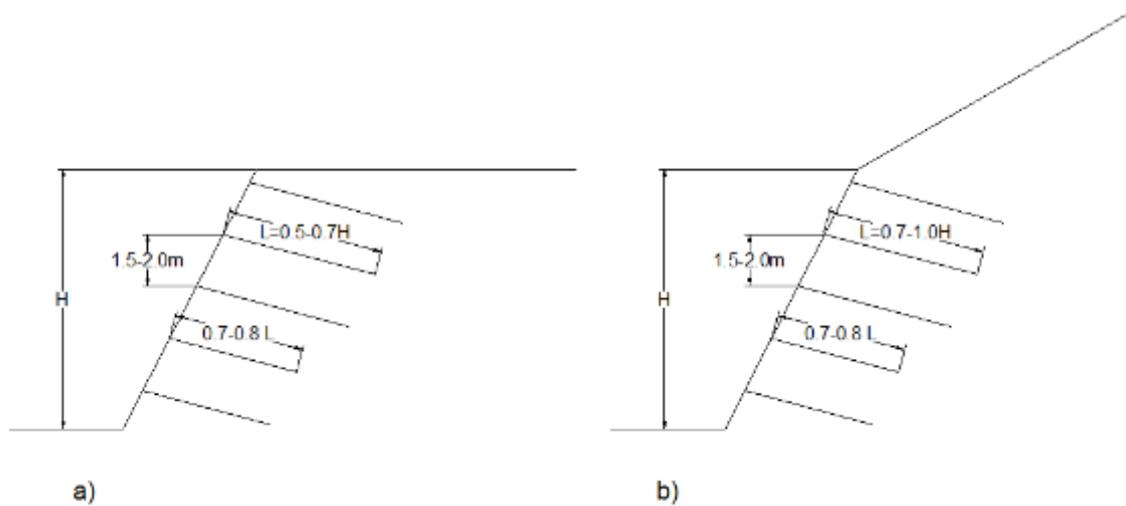


Fig.5.
Pre dimensionamiento de un talud clavado (Soil Nail) con patrón de anclajes no uniforme



c. Valores de Cargas típicas de diseño

La carga de diseño variará de acuerdo al tipo de proyecto. Los rangos de magnitud de los valores de carga serán muy distintos según se trate de un proyecto de edificación, un proyecto vial o la estabilización de un talud de corte.

La FHWA (2009) recomienda utilizar una carga viva de 12 kPa para el cálculo de muros o taludes clavados en proyectos de carreteras. Esto equivale a una carga de suelo de 0.60m de espesor colocada en la corona del muro o talud de suelo clavado.

Para los casos de anclajes en taludes de corte en carreteras la carga de diseño se suele tomar como 0, ya que la carga más significativa a soportar por la estructura viene siendo el mismo peso de la masa de suelo retenida. Sin embargo, podrían considerarse valores de cargas vivas de hasta 5 kPa.

Sin embargo, para aplicaciones en edificación pueden llegar a utilizarse cargas muertas tan altas como 200 kPa. Valores que pueden obligar al diseñador a utilizar para las primeras filas superiores de anclajes en cabeza, por requerimientos de resistencia y deformación, una o dos filas de anclajes activos.

d. Anclajes

Los anclajes pasivos para suelo clavado suelen colocarse en un patrón rectangular o un patrón al tres bolillo, a espaciamientos que van desde 1 a 2 m según las recomendaciones de la FHWA (2003). Ver figuras 6 y 7.

Tómese en cuenta que este documento ha sido elaborado considerando la colocación de anclajes pasivos en suelos y no en taludes en roca, donde el patrón de anclaje depende más de la familia de juntas y discontinuidades del talud rocoso y/o de las cuñas potencialmente susceptibles a deslizar, pudiendo llegar a separaciones de anclajes incluso

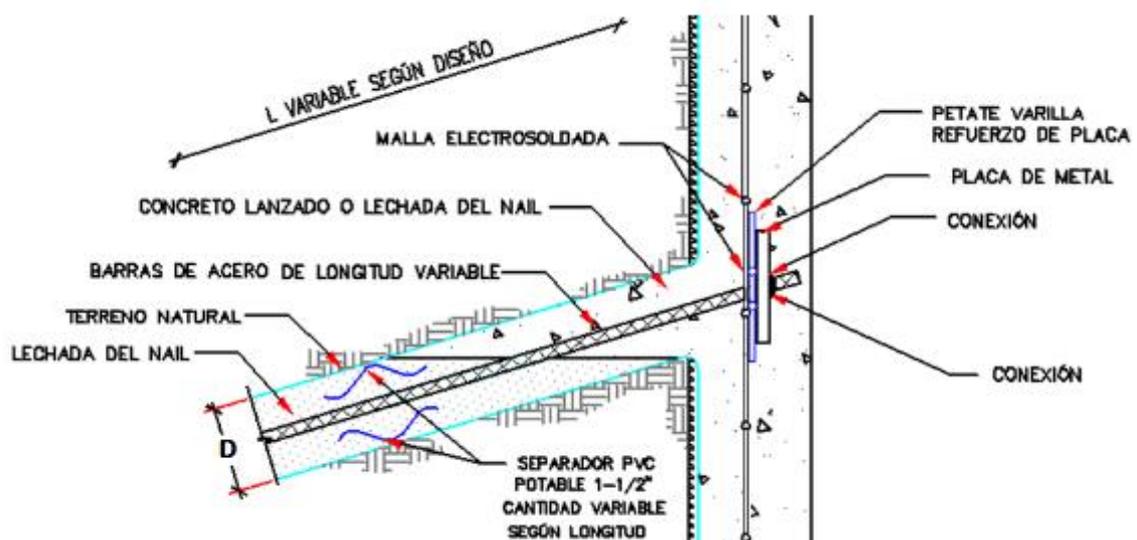
mayores a 2 metros o permitiendo la instalación localizada de anclajes en el caso de las cuñas potencialmente inestables.

Fig. 6.
Patrón de anclaje uniforme en un Muro de Suelo Clavado. (Cortesía ICA Inversiones)



Los diámetros del agujero del anclaje van desde 3” a 6” de diámetro interno y por lo general se utilizan varillas de construcción corrugadas convencionales con diámetros entre 20 y 40 mm (Ortuño L., 2010).

Fig. 7.
Esquema de anclaje pasivo. (Cortesía ICA Inversiones)



e. Caracterización del terreno

Para realizar un diseño adecuado es necesario determinar los parámetros geotécnicos in situ de cada uno de los estratos del terreno. Para ello se recomienda realizar por lo menos 1 ensayo SPT en la futura ubicación de fachada de la estructura de suelo clavado y 1 ensayo SPT en la futura zona de anclaje. Con los resultados de este ensayo se puede encontrar por correlaciones los parámetros geotécnicos del terreno (ϕ' , c' , g).

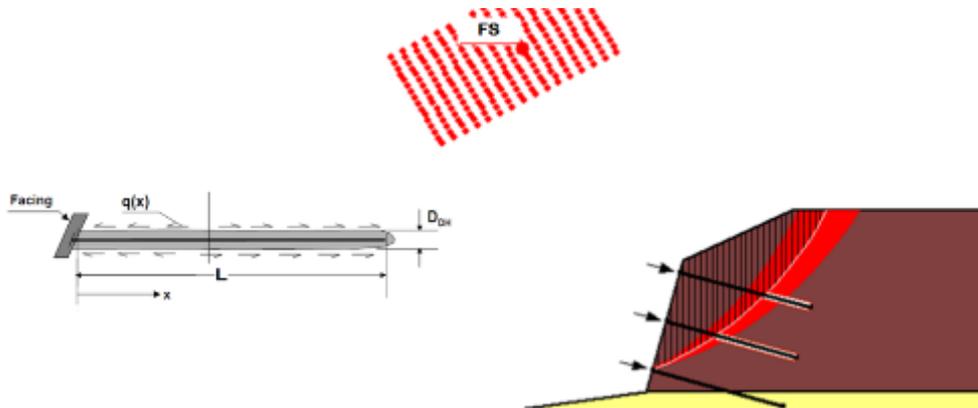
Una vez que se han definido los parámetros resistentes y se han identificado los diferentes estratos se debe estimar de forma preliminar la resistencia a la extracción permisible del suelo (pull out capacity). El concepto fundamental está en garantizar que el diseño esté regido por el concepto de extracción o pullout, es decir que se asegure la suficiente longitud de empotramiento (L_e) dentro del suelo para desarrollar al máximo posible la resistencia cortante entre el anclaje y el suelo de manera que esta aportación permita estabilizar y “costurar” la superficie potencial de deslizamiento crítica y por ende el resto de infinitos círculos de falla posibles.

Este parámetro que permite realizar un análisis certero de la extracción del anclaje es el parámetro que mide la resistencia cortante desarrollada en la interface entre el anclaje (rodeado y protegido por grout o lechada de cemento) y el suelo. Se le conoce como resistencia a la extracción (bond strength). Ver figura 8. La FHWA de Estados Unidos recomienda el uso de diferentes resistencias a la extracción para diferentes tipos de suelo. Para más información ver Elias and Juran (1991).

f. Estabilidad Global

Una vez que se ha propuesto el patrón de anclaje (espaciamiento vertical y horizontal), su longitud mínima (según las recomendaciones de pre dimensionamiento) y el diámetro de la barra se debe evaluar la estabilidad global de la estructura de suelo clavado propuesta. Para este propósito se puede utilizar un programa informático. Ver figura 8.

Fig. 8.
Estabilidad global mediante programa informático.



Lo que se debe buscar que los anclajes pasivos puedan ser capaces de contener la cuña activa potencialmente inestable para el círculo de falla crítico de la estructura de suelo clavado, alcanzando un factor de seguridad que estén en $1.30 < FS < 1.50$.

g. Drenajes en estructuras de suelo clavado

Los drenajes más recomendados para estructuras de suelo clavado son las tiras de geocompuesto de drenaje en el trasdós de la pantalla de concreto lanzado. Ver figura 9. Sin embargo, para drenar la parte interna del talud, sobre todo en aquellos casos de la existencia de estratos permeables en la zona anclada se recomienda utilizar sub drenes horizontales profundos (conocidos como drenes californianos).

Fig. 9.
Colocación de tiras de drenaje en talud de suelo clavado. (Cortesía ICA Inversiones).



En los últimos años, el suelo clavado ha cobrado un gran auge en Honduras, siendo muy utilizado tanto en proyectos de edificación para la construcción de muros en sótanos, en proyectos viales para construcción de muros en accesos a cajas puente (“túneles”) y en proyectos en carreteras para estabilización de taludes de corte. A continuación se mencionan algunos de estos proyectos.

En la figura 10 se muestra un muro Soil Nail construido para dar acceso y salida a una caja puente en el Bulevar Suyapa de Tegucigalpa:

Fig. 10.
Muros Soil Nail en Paso 12 en Bulevar Suyapa, Tegucigalpa. (Cortesía ICA Inversiones)



La aplicación mostrada en la figura 10 es un caso típico de aplicación de un muro Soil Nail. Este tipo de muros tiene la ventaja que permite realizar de forma simultánea, la obra de corte y la obra de contención de tierras permitiendo ahorro de tiempo y costos del proyecto.

En la figura 11 se muestra un muro Soil Nail construido en la salida del Norte de Tegucigalpa para dar acceso y salida a una caja puente:

Fig. 11.

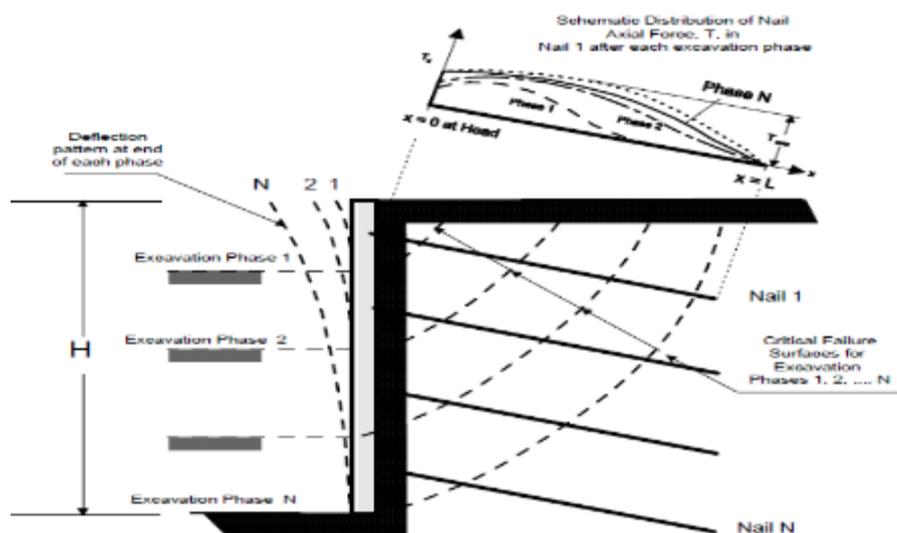
Muros Soil Nail en salida del Norte, Tegucigalpa. (Cortesía ICA Inversiones)



Para aquellas aplicaciones que demanden mayor control de las deformaciones del terreno superior contenido (Por ejemplo: Carreteras principales o edificaciones), el muro Soil Nail puede reforzarse en cabeza con anclajes activos o en los casos de trincheras, se pueden utilizar vigas transversales entre las pantallas paralelas (Ver figura 11). Esta información se ve respaldada con la evidencia mostrada en la figura 12, donde se puede apreciar que, debido a la forma de construcción (Método Top-Down) de un muro de suelo clavado, las deformaciones suelen ser mayores en la parte superior del muro, sobre todo cuando se usa método de corte y avance Top-Down.

Fig. 12.

Deformación de un muro Soil Nail. Superficies potenciales de deslizamiento y fuerzas de tensión axiales en los anclajes pasivos. (FHWA, 2003).



En la figura 13 se muestra un muro Soil Nail construido en Tegucigalpa para estabilizar un talud de corte para dar lugar a un estacionamiento.

Fig. 13.
Muros Soil Nail en proyecto privado, Tegucigalpa. (Cortesía ICA Inversiones)



IV. Discusión

El Suelo Clavado representa una gran alternativa de refuerzo del terreno sobre todo para aplicaciones de estabilización de taludes y contención de tierras que impliquen una obra de corte en un suelo natural. No se recomienda colocar anclajes en materiales de depósitos de ladera, rellenos ni en materiales muy sueltos e inestables al excavar.

V. Recomendaciones

Trabajos de investigación de este tipo son fundamentales para brindar al Estado de Honduras mayor seguridad en la construcción de sus carreteras, sin embargo esta misma ayuda a economizar materiales y por ende dinero para el país. Es por ello que motivo a los estudiantes de ingeniería de la Universidad Politécnica de Ingeniería a que se motiven a orientar sus trabajos en esta línea.

VI. Agradecimientos

Les agradezco a todas aquellas personas que fueron parte de este proyecto de investigación, a la compañía ICA Inversiones S. de R.L., Honduras, y a la vez a la Universidad Politécnica de Ingeniería – UPI – en su revista Milímetro, Ingeniera Rina Enamorado, por brindar la oportunidad de presentar este trabajo de Investigación.

VII. Referencias

Elias, V. and Juran, I. (1991). “Soil Nailing for Stabilization of Highway Slopes and Excavations,” Publication FHWA-RD-89-198, Federal Highway Administration, Washington D.C.

Federal Highway Administration Washington, D.C. (2003). Geotechnical Engineering Circular No. 7 Soil Nail Walls. FHWA0-IF-03-017. Estados Unidos: s.n., 2003.

Federal Highway Administration, National Highway Institute, U.S. Department of Transportation Washington, D.C. (2009). Design of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes-Vol I. FHWA-NHI-10-024 FHWA GEC 011-VOL I. Estados Unidos : s.n., 2009. Vol. I.

Ortuño, L. (2010). Auscultación y corrección de inestabilidad de taludes de carretera y ferrocarriles. *Claveteado del Terreno*. Madrid. : s.n., 2010.

ICA Inversiones (2013). Esquemas de pre dimensionamiento y fotografías de proyectos reales corresponde a la experiencia de diseño y construcción de ICA Inversiones S. de R.L.



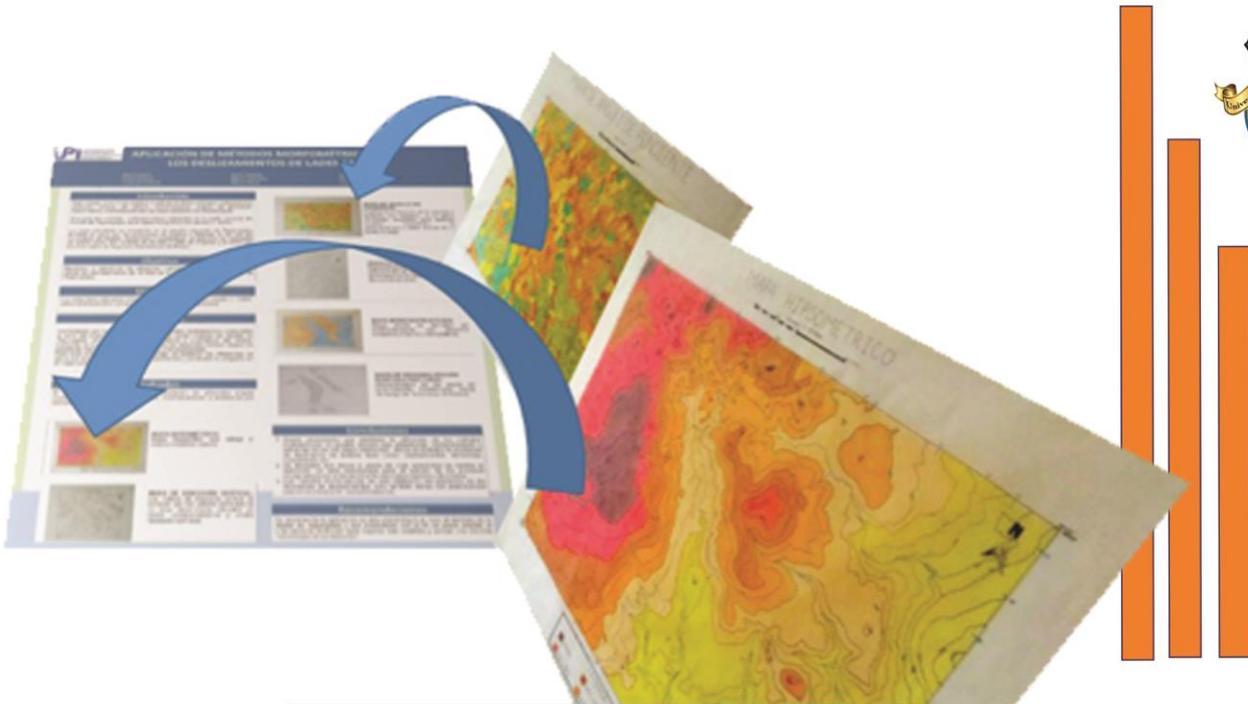
Universidad Politécnica de Ingeniería

Revista Técnico Científica

MI MILIMETRO

Órgano Oficial de Publicaciones de la UPI

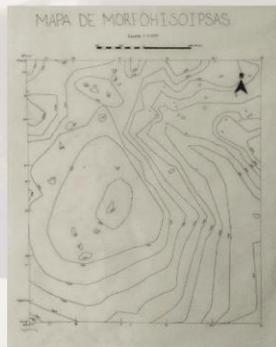
ISSN 2410-9053



3

CONTENIDO

APLICACIÓN DE MÉTODOS MORFOMÉTRICOS EN DESLIZAMIENTOS DE LADERAS



Volumen No. 2

Aplicación de Métodos Morfométricos en Deslizamientos de Laderas

Ana Natarén, Cesar Aldana⁴

Nancy Baca, Eduardo Anemis, María Carcamo, Karen Chahín⁵

Resumen

Se estudia un mapa topográfico del sector noroeste del municipio de Distrito Central, Honduras, con el fin de aplicar métodos morfométricos en los deslizamientos de laderas.

Se realizan diferentes mapas como criterio de estudio: disección vertical del relieve, morfohisoipsas, ángulo de pendiente, hipsométrico, morfoestructural y de regionalización morfoestructural. En lo cual se logra hacer la interpretación de los mapas según las formas del relieve, pendientes, regularidades, irregularidades, redes de drenaje, grado de desmembramiento y de inclinación del relieve.

La aplicación de estos métodos morfológicos a mapas topográficos confirma la utilidad de estos criterios de la evolución y la actualidad del relieve. Los mejores resultados se obtienen para la regionalización de morfoestructuras en el que se presenta los bloques de levantamiento, hundimiento y zonas de riesgo de fenómenos de laderas, en segundo lugar los diferentes grados de pendientes evaluados en el área. La evolución mostrada en el relieve a través del mapa morfohisoipsas. La morfoestructura del lugar estudiado, destacándose los procesos exógenos erosivos y denudativos del relieve.

La importancia del estudio de los deslizamientos de ladera está determinada por el impacto que éstos pueden tener en la población, estos pueden ser devastadores.

Palabras clave: geomorfología, deslizamientos, riesgo, morfológicos, riesgos, laderas, relieve, métodos, pendientes, Tegucigalpa, Honduras.

⁴ Autores del trabajo de investigación

⁵ Colaboradores de la investigación

Abstract

A topographic map of the northeastern sector of the municipality of Distrito Central, Honduras was studied, with the goal of applying morphometric methods to landslides in sloped areas.

A series of maps were created to fulfill the criteria of the study: vertical dissection in relief, morphohypsological, angle of slopes, hypsometric, morphostructural, and regional morphostructural.

Interpretation of the maps was done according to the forms of relief, slopes, regularities, irregularities, drainage networks, grades of dismemberment, and incline of relief. The application of these morphological methods to topographic maps confirms the utility of these tests for the evolution and present relief. The best results are obtained for the regional morphostructures, in which raised blocks were found, along with sinking and at-risk zones from the movement of the sloped areas. In second place, different grades of slopes were evaluated in the area.

The process is shown in relief throughout the morphohypsometric maps. The morphostructure of the study area makes the exogenous erosion processes stand out, as well as the sediments in relief.

The importance of studying the landslide potential of hill sides is determined by the impact that these can have on the population, which can be devastating.

Key Words: geomorphology, landslides, risk, morphology, risks, slopes, relief, methods, hills, Tegucigalpa, Honduras.

Introducción

Este trabajo tiene como objetivo la aplicación de los métodos morfométricos: disección vertical del relieve, morfosisoipsas, ángulo de pendiente, hipsométrico, morfoestructural y de regionalización morfoestructural. Y a la vez distinguir las distintas morfoestructuras existentes en la parte noroeste del Municipio de Distrito Central, en el mapa topográfico con escala 1: 12000. Mediante la aplicación de diferentes métodos morfométricos determinar zonas de deslizamientos del terreno en el sector estudiado.

La zona estudiada se encuentra en la porción noroeste del Municipio de Distrito Central, conformada por las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, haciendo hincapié en el bloque de Comayagüela, sede constitucional del Gobierno de la República de Honduras, ambas ciudades las divide políticamente el río Choluteca. El municipio colinda al norte con los municipios de Cedros y Talanga, al sur con los municipios de Maraita, San Buenaventura, Santa Ana y Lepaterique, al este con los municipios de Santa Lucía, San Antonio de Oriente, Valle de Ángeles y San Juan de Flores y al oeste con los municipios de Ojojona, Lepaterique, Lamaní y San Antonio de Flores.

Como es lógico dentro del marco conceptual la geomorfología es la ciencia que se ocupa del estudio de las irregularidades de la superficie terrestre, formas del relieve, cuyo conjunto constituye el relieve terrestre. (Seco Hernández, 2004). La definición es clara, y por ello que la investigación trata de explicar todas las distintas irregularidades de la zona geográfica en estudio.

Sin embargo, los distintos procesos de remoción en masa involucran el desplazamiento de distintos tipos de material ladera abajo, por lo que existen diferentes movimientos con una amplia variedad y complejidad. Entre ellos cabe destacar los flujos, caídas, deslizamientos, vuelcos, expansiones laterales y movimientos complejos. Este tipo de procesos ocurren cuando una ladera se vuelve inestable como resultado de la interacción de una serie de factores en el relieve, esto es, cuando los materiales formadores de ladera (suelo, roca o detritos) se ven afectados por diferentes cambios, que pueden ser internos o externos.

Y para concatenar los distintos métodos de la investigación se ilustra con los mapas geomorfológicos se representan mediante colores, simbología, tramas que arrojan datos importantes acerca de las formas y del relieve.

I. Materiales y Metodología

La totalidad de la zona de trabajo se encuentra ubicada en el mapa topográfico preparado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) Honduras con la colaboración del National Imagery and Mapping Agency (NIMA), escala 1: 12000 según las coordenadas $14^{\circ}08'25''$ de latitud norte y $87^{\circ}17'14''$ de longitud oeste, datos obtenidos en el campo y publicaciones sobre la temática, la escala elegida fue importante para hacer énfasis en el detalle de la interpretación.

Conformada por la confección de cinco métodos morfométricos elaborados a partir del mapa topográfico 1: 12000 del sector noroeste del Distrito de Tegucigalpa y Comayagüela para obtener datos cuantitativos y cualitativos del relieve, mediante, el cual se elaboraron los mapas de: disección vertical, ángulo de pendiente, hipsométrico, morfohisopias, morfoestructural. Para este propósito se levantó el drenaje, se midieron las diferencias de altura por unidad de área, grados de pendientes y se resaltó la orografía en el mapa topográfico.

Los métodos morfométricos originados en Rusia datan de mapas usados desde la época de los 60's, ha sido estudiada e implementada por nuestros asesores dando excelentes resultados y transmitido a sus estudiantes sus conocimientos, son pocas las personas en el mundo que lo aplican.

a. Mapa hipsométrico

Mapa topográfico que refleja el relieve mediante colores. Este es representativo del relieve por curvas de nivel, reducidas al nivel de las aguas del mar, los espacios entre las curvas de nivel son coloridos siguiendo una leyenda convencional que se representan por colores que indican alturas y zonas bajas.

b. Mapa de disección vertical

Este segundo mapa que presentan los índices de disección vertical se obtienen por los valores extremos de un área determinada ubicados en centro condicionalmente y unidos mediante isólinas. (Orbera, Cabrera, 1975). Este mapa se usa en la realización de la

disección morfogénica. Importante para la realización del mapa de regionalización morfoestructural.

c. Mapa de ángulo de pendiente

Expresa la inclinación de la superficie terrestre con respecto a un plano horizontal, necesario para detectar posibles superficies de deslizamientos o fallas activas en un territorio dado. El ángulo de pendiente se da por la inclinación de las formas que estamos estudiando. Lo valores de grados de pendientes son muy importantes para medir las zonas vulnerables a deslizamientos o indicios de ellos.

El cálculo de la pendiente en mapas topográficos depende de: la escala, intervalo o equidistancia de las curvas de nivel, condiciones fisiográficas y objetivo del estudio. (Orbera, Cabrera).

d. Mapa de morfohisopsas

Representación de como era el relieve antes de ser erosionado, generalizando la diferencia de las curvas de nivel. Importante para destacar la secuencia de intensidad a lo que supone ocurrió mucho antes de hacer erosionados, se puede buscar fallas con este mapa.

e. Mapa morfoestructural

Mapa donde se delimitan las morfoestructuras con procesos exógenos erosivos y denudativos. Importante para la realización del mapa de regionalización morfoestructural.

f. Mapa de regionalización morfoestructural

Representativo de las zonas de levantamiento, hundimiento, zonas de riesgo de fenómenos de laderas. (Orbera, Cabrera, 1975).

II. Resultados

El resultado fue, a partir de la elaboración de diferentes mapas morfométricos, ubicar los sectores con manifestaciones a amenazas por deslizamientos. Las características cuantitativas y cualitativas del relieve están representadas a través de cinco mapas morfométricos. Con base en la metodología presentada, se elaboraron los siguientes mapas: hipsométrico, disección vertical. Ángulo de pendiente, morfohisopsas, morfoestructural y regionalización morfoestructural. Su aplicación permitió una

interpretación de las características morfológicas de la zona, y el mejor entendimiento de la dinámica del sector de Distrito Central.

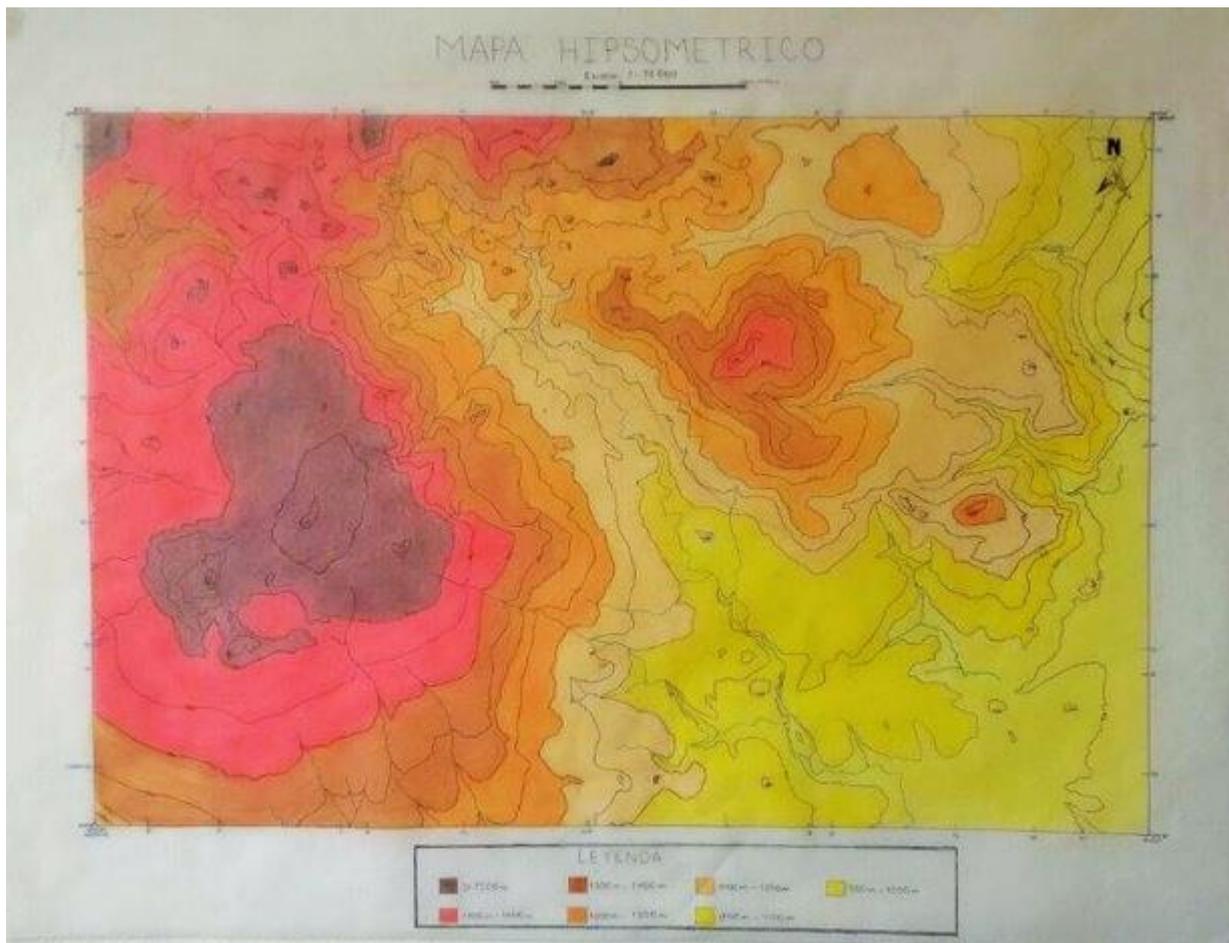
Fig. 1.

Mapa hipsométrico

Escala 1:12,000.

Valores de alturas en el relieve que van desde 900 m hasta más de 1500 m.

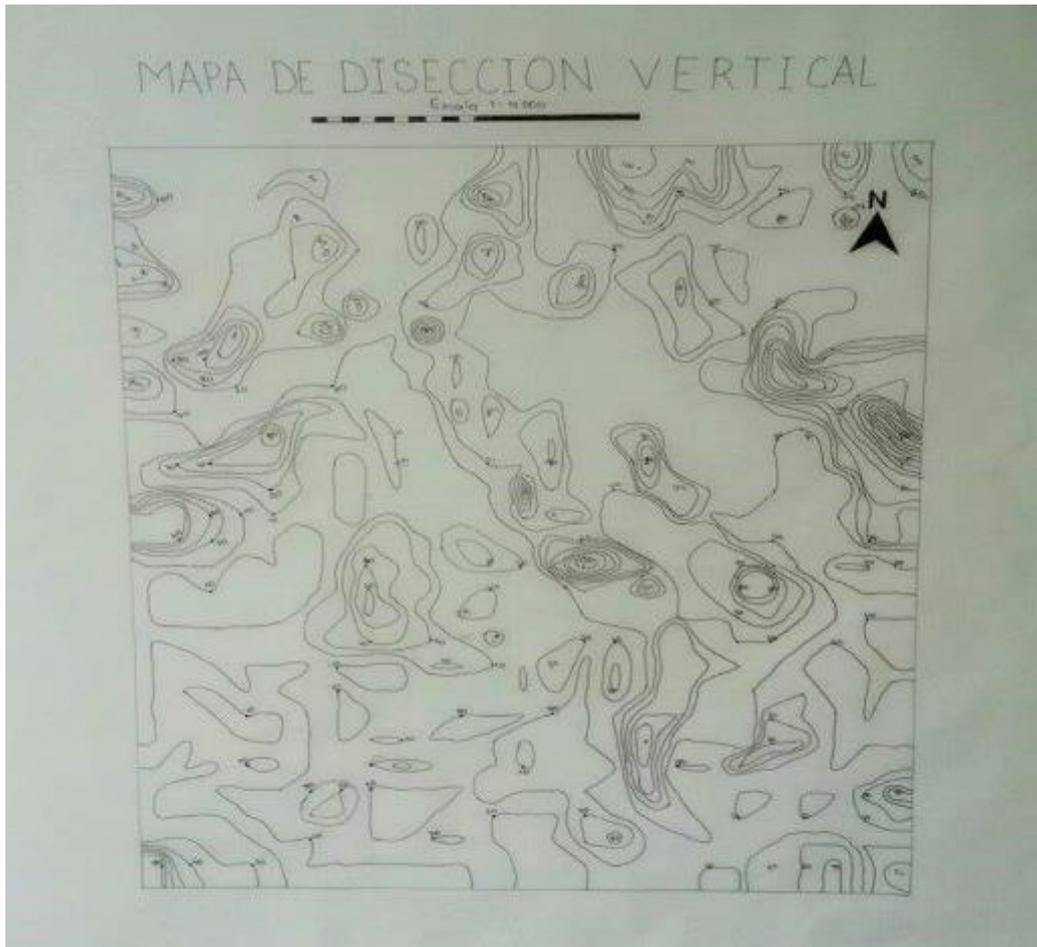
■ >1500m; ■ 1400m – 1500m; ■ 1300m – 1400 m; ■ 1200 m – 1300 m;
■ 1100 m -1200 m; ■ 1000 m – 1100; ■ 700 - 1000



Se interpretan los límites de estructuras y la separación de estas por una gran falla que atraviesa Tegucigalpa (investigar). En este mapa hay un relieve radial con una forma redondeada con la existencia de una laguna en la parte superior siendo esta la chimenea de un volcán extinto que esta obstruida, el magma se solidificó en el conducto del volcán y dejo una oquedad y por eso se llenó de agua estando alrededor rocas volcánicas, teniendo esta forma, la laguna, las laderas que tienen gradientes fuertes en el mapa y todo cubierto de ceniza volcánica todo indica que estamos en presencia de un volcán extinto,

este mapa lo clasificamos como una morfoestructura volcánica y otro fenómeno que es el levantamiento producto de una falla gigantesca que atraviesa toda Tegucigalpa. (Orbera 2015).

Fig. 2.
Mapa de disección vertical
Escala: 1:12,000

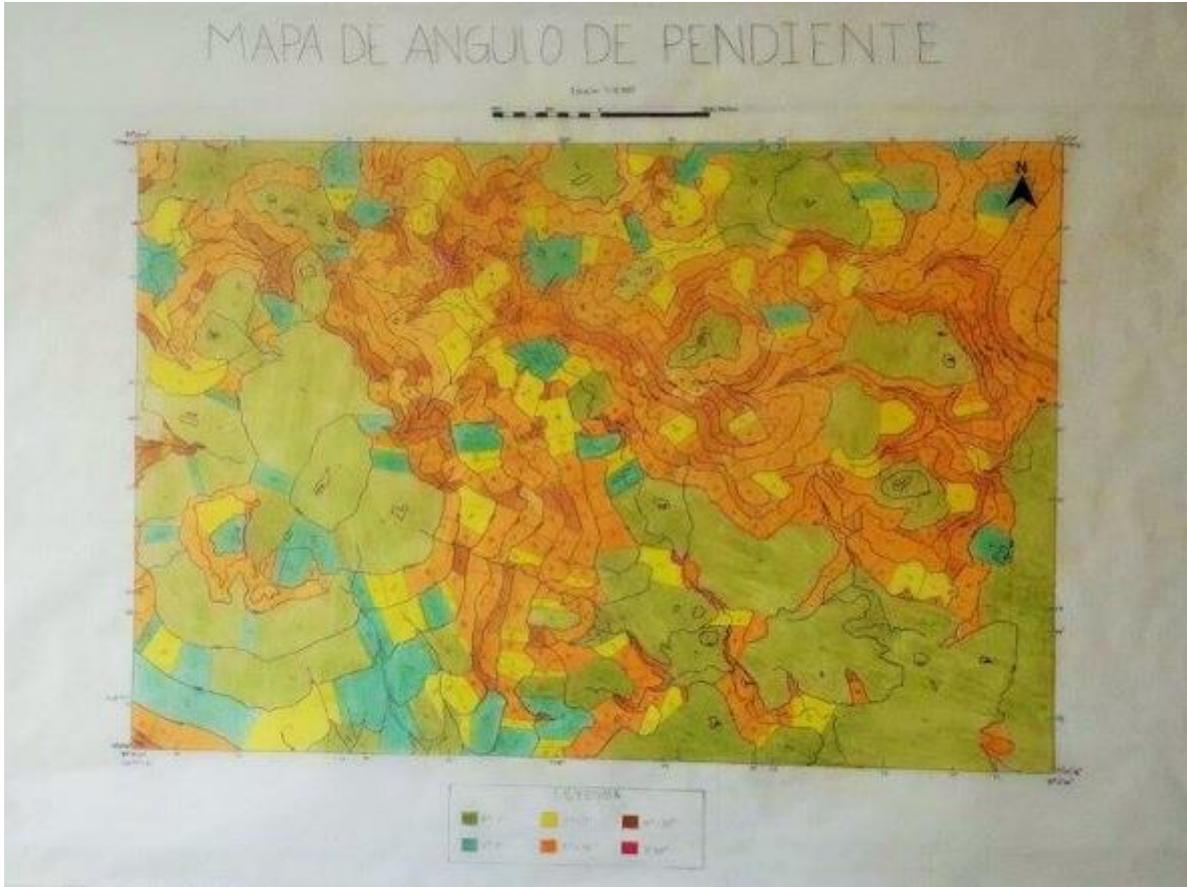


Con este método se interpreta los valores máximos del relieve de toda la zona y la existencia de fracturas, trabajando en la delimitación de los diferentes bloques donde se interpreta dónde está la mayor disección vertical coincidiendo con los límites de la zona de levantamiento obteniendo valores de disección vertical, estos valores se asimilan como valores de energía del relieve, identificando donde hay mayor energía del relieve por esto es que se identifica las zonas de deslizamiento de laderas, se conoce por mapa de energía del relieve y puede ser utilizado como mapa de los movimientos neotectónicos de levantamiento.

Fig. 3.

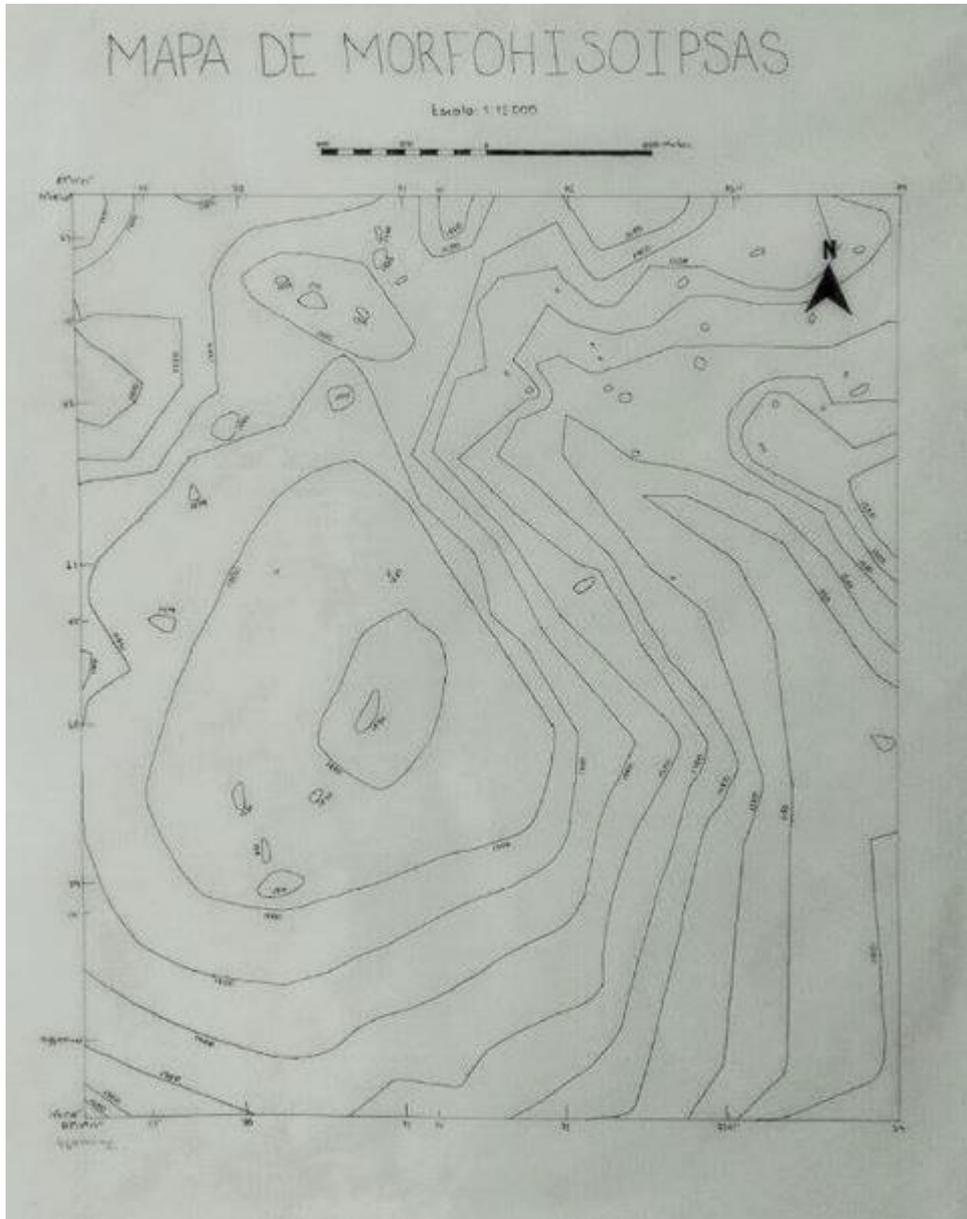
Mapa de ángulo de pendiente

Escala: 1: 12,000; Leyenda: 0° - 2° 2° - 3° 3° - 5° 5° - 10° 15° - 35°
 >35°



Este mapa de ángulo de pendientes muestran el ángulo de las laderas y de dirección de pendientes (aspecto), que exponen la dirección de las laderas, en la elaboración de los mapas de pendientes son los más básicos en un estudio morfométrico. Estos reflejan la inclinación de las laderas dentro de una cierta distancia y elevación. Los valores de pendiente pueden ser presentados en grados, porcentajes y fracción.

Fig. 4.
Mapa de morfohisoispsas⁶
Escala: 1:12,000



⁶ Como era el relieve antes de ser erosionado

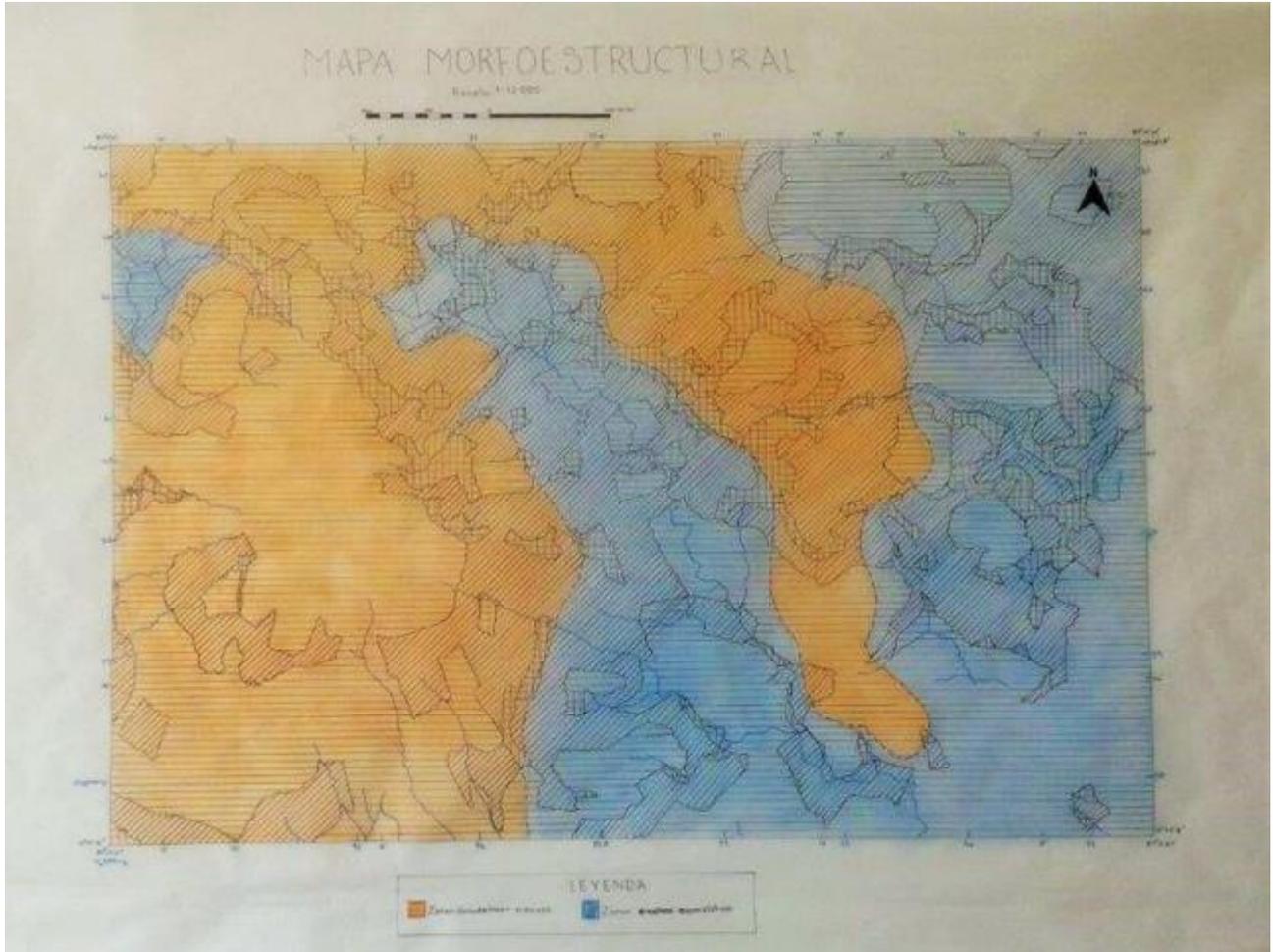
Fig. 5.

Mapa Morfoestructural

Escala: 1: 12,000;

Zonas denudativas erosivas

Zonas erosivas cumulativas

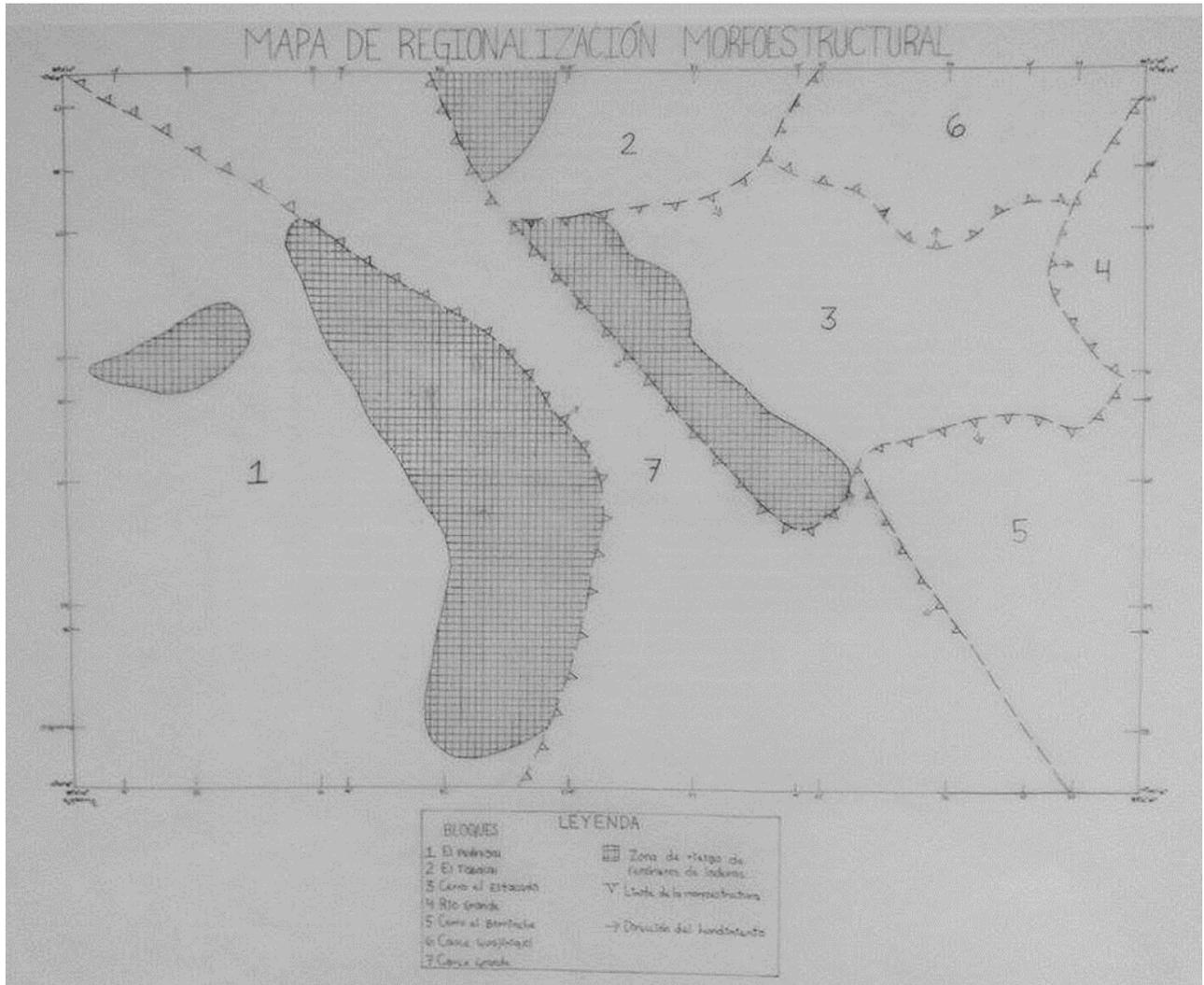


En el análisis morfoestructural se aplicaron los métodos siguientes: a) interpretación hipsométrica y topográfica, a escala 1: 12 000 (en regiones de mayor complejidad estructural); b) análisis de las morfoestructuras lineales del relieve, con el fin de complementar los sistemas de fallas; c) evaluación morfométrica del relieve, a escala; d) análisis del espectro de niveles geomorfológicos y sus deformaciones neotectónicas.

Fig. 6.

Mapa de regionalización morfoestructural

Bloques: 1) El Pedregal; 2) El Tabacal; 3) Cerro el Estancado; 4) Rio Grande; 5) Cerro el Berrinche; 6) Cauce Guajiriquil; 7) Cauce Grande; Zonas de riesgo fenómenos de laderas; ▽ Limite de la morfoestructura; → Dirección de hundimiento



Se dividió por sectores las zonas más vulnerables, bloques más altos y bajos, lugares en los que es peligroso obras de infraestructuras.

Fig. 7.

Poster participante y ganador del segundo lugar en categoría de poster en el XII Congreso Geológico de América Central; 17 al 19 de Noviembre de 2015, Managua Nicaragua. Con representación de Ana Natarén como expositora.

APLICACIÓN DE MÉTODOS MORFOMÉTRICOS EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LADERAS

Autores:
Ana Natarén
César Alcántara
Eduardo Armentis

Asesores:
Dr. Lauriano Orsara
Ing. Miguel Cabrera

Introducción

Este trabajo tiene como objetivo la aplicación de los métodos morfométricos: disección vertical del relieve, morfotopografía, ángulo de pendiente, hipsométrico, morfoestructural y de regionalización morfoestructural.

Distinguir las distintas morfoestructuras existentes en la parte noroeste del Distrito de Tegucigalpa, en el mapa topográfico con escala 1:12000.

La zona estudiada se encuentra en la porción noroeste de Tegucigalpa, limitada al norte por los municipios de Centro y Telanga, al sur con los municipios de Maraña, Santa Ana y Lacatenque, al este con los municipios de Santa Lucía, San Antonio de Oriente y Valle de Ángeles y al oeste con los municipios de Ojuayá y San Antonio de Flores.

Objetivo

Mediante la aplicación de diferentes métodos morfométricos determinar zonas de deslizamientos de terreno en el sector noroeste de la ciudad de Tegucigalpa.

Materiales

Los materiales utilizados consisten de: el mapa topográfico escala 1:12000, datos obtenidos en el campo y publicaciones sobre la temática.

Metodología

Confirmado por la confección de cinco métodos morfométricos elaborados a partir del mapa topográfico 1:12000 del sector noroeste del Distrito de Tegucigalpa para obtener datos cuantitativos y cualitativos del relieve, mediante el cual se elaboraron los mapas de: disección vertical, ángulo de pendiente, hipsométrico, morfotopografía, morfoestructural.

Para este propósito se levantó el drenaje, se midieron las diferencias de altura por unidad de área, grados de pendientes y se resaltó la orografía en el mapa topográfico.

Resultados

El resultado fue a partir de la elaboración de diferentes mapas morfométricos, ubicar los sectores por manifestaciones o amenazas por deslizamientos.



MAPA HIPSEMÉTRICO:
Mapa topográfico que resalta el relieve mediante colores.



MAPA DE DISECCIÓN VERTICAL:
Los índices de disección vertical se ordenan por los valores extremos de un área determinada utilizando en centro, condicionalmente y unidos mediante líneas.



MAPA DE ÁNGULO DE PENDIENTE:
Expresa la inclinación de la superficie terrestre con respecto a un plano horizontal, necesario para detectar posibles superficies de deslizamientos o fallas activas en un terreno dado.



MAPA DE MORFOHISOTOPAS:
Representación de como era el relieve antes de ser erosionado, generalizando la diferencia de las curvas de nivel.



MAPA MORFOESTRUCTURAL
Mapa donde se delimitan las morfoestructuras con procesos exógenos erosivos y denudativos.



MAPA DE REGIONALIZACIÓN MORFOESTRUCTURAL:
Representativo de las zonas de levantamiento, hundimiento, zonas de riesgo de fenómenos de laderas.

Conclusiones

1. Queda demostrado que mediante la utilización de los métodos morfométricos es posible realizar una delimitación morfoestructural y ubicar las zonas con mayor intensidad donde es probable la ocurrencia de fenómenos de laderas tales como: deslizamientos, derrumbes, corrimientos, etc.
2. Se demostró que desde el punto de vista económico es factible la aplicación de esta metodología para el estudio de los procesos exógenos con el fin de obtener resultados rápidos y de avance.
3. Los métodos morfométricos no solo ratificaron las presencia de los fenómenos de deslizamientos, sino también zonas con potencialidad para la ocurrencia de estos fenómenos.

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de esta metodología en todo el territorio de la ciudad de Tegucigalpa y sus alrededores con el fin de poder orientar el ordenamiento territorial hacia lugares más estables y aplicar una correcta metodología de construcción.

III. Discusión

Queda demostrado que mediante la utilización de los métodos morfométricos es posible realizar una delimitación morfoestructural y ubicar las zonas con mayor intensidad donde es probable la ocurrencia de fenómenos de laderas tales como: deslizamientos, derrumbes, corrimientos, etc.

Se demostró que desde el punto de vista económico es factible la aplicación de esta metodología para el estudio de los procesos exogenéticos con el fin de obtener resultados rápidos y de avance.

Los métodos morfométricos no solo ratificaron las presencia de los fenómenos de deslizamientos, sino también zonas con potencialidad para la ocurrencia de estos fenómenos. Se afirma que la zona estudiada está en un peligro latente en el que se deben tomar medidas preventivas para evitar desastre en la población que habite en dicho sector.

La elaboración de los mapas morfométricos pone de manifiesto que este tipo de estudios, de índole regional, son base fundamental para la identificación de zonas que requieren investigaciones más detalladas.

IV. Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de esta metodología en todo el territorio del municipio del Distrito Central y sus alrededores con el fin de poder orientar el ordenamiento territorial hacia lugares más estables y aplicar una correcta metodología de construcción. Construir en zonas más estables, con pendientes menores de 4° y acumulación ligera, no superior a los 10°. Son posibles las lineales si se conserva la vegetación. (Orbera).

V. Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Ingeniería (UPI)- en su revistas Milímetro y a Dr. Laureano Orbera, Ing. Miguel Cabrera, por su enorme aporte a educarnos, sin ellos no se hubiese realizado dicho estudio

VI. Referencias Bibliográficas

Seco Hernández Ricardo. Las investigaciones geomorfológicas. Geomorfología, 2004. Pág. 305-333.

Orbera, L., Cabrera. M. Investigaciones morfométricas en la zona de Cabañas-Bahía Honda. Revista Minera y Geológica. CDU:550.812 (1975). Pág. 44-61